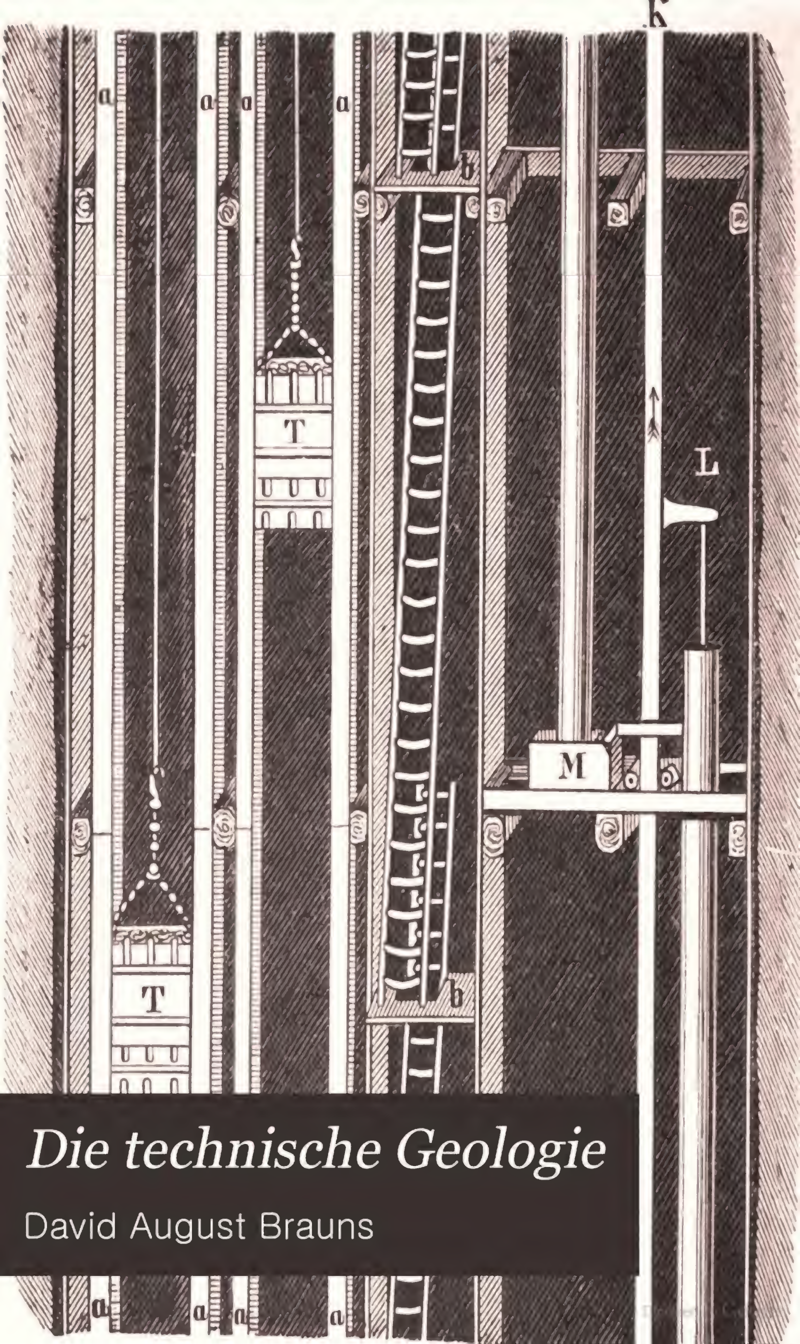


Die technische Geologie

David August Brauns

Die

Technische Geologie

oder

die Geologie in Anwendung

auf

Technik, Gewerbe und Landbau.

Von

Dr. D. Brauns.

Mit 80 Abbildungen.



Halle,
G. Schwetschke'scher Verlag.
1878.

Dr. D. Brauns

Technische Geologie.

Die

Technische Geologie

oder

die Geologie in Anwendung

auf

Technik, Gewerbe und Landbau.

Von

Dr. D. Brauns.

Mit 80 Abbildungen.

Halle,
G. Schwetschke'scher Verlag.
1878.


1558
GENIO
SACRU
1733. 1844.

Vorwort.

Ohne Zweifel würde es unrichtig sein, wenn man aus dem sparsamen Auftauchen von Schriften über technische Geologie den Schluss ziehen wollte, dass kein Bedürfniss für dieselben vorhanden sei. Viel eher möchte aus den, wenn auch nur vereinzelten Versuchen, welche in dieser Richtung allen ihnen entgegenstehenden Schwierigkeiten zum Trotz namentlich in letzter Zeit gemacht sind, der entgegengesetzte Schluss gezogen werden können; die Dürftigkeit unserer Litteratur auf diesem Gebiete dagegen ist durch jene Schwierigkeiten leicht zu erklären.

In der That ist die Zahl der Vorläufer vorliegender Arbeit auffallend gering. Die deutsche Litteratur besitzt nur ein derartiges Werk: „Die Geologie in ihrer Anwendung auf Künste, Gewerbe und Ackerbau“, von C. d'Orbigny und A. Gente, deutsch bearbeitet von dem auch sonst auf verwandtem Gebiete als Schriftsteller rühmlich bekannten Dr. C. Hartmann, ein für die Zeit seines Erscheinens (1852) entschieden verdienstliches, wenngleich wenig bekannt gewordenes Werk. Jetzt aber — nach Ablauf eines für die geologische Wissenschaft ganz besonders fruchtbringenden Vierteljahrhunderts — kann dasselbe als ein zuverlässiger Rathgeber für Laien selbstverständlich nicht mehr gelten und auf Vollständigkeit schon wegen seines Datums keinen Anspruch erheben, so manches Brauchbare dasselbe auch immer noch enthält.



Die einzigen ferneren Versuche, denselben Gegenstand zu behandeln, hat das gegenwärtige Jahrzehnt gebracht; es sind aber nur ausländische, nicht deutsche Werke, von denen mir ein englisches, die Economic Geology or Geology in its relations to the arts and manufactures by David Page, Edinburg und London 1874, und ein französisches, Géologie technologique, traité des applications de la géologie aux arts et à l'industrie (agriculture — architecture — génie civil — métallurgie — céramique — verrerie — médecine — teinture — produits chimiques — peinture — joaillerie), traduction libre de „l'Economic Geology" de David Page, par Stanislas Meunier, Paris 1877, vorliegen. Wie der Titel des letzteren angiebt, basirt sich dasselbe wesentlich auf das erste und ist eine auszugsweise Wiedergabe des englischen Buches. Dieses aber, durchaus einer fremdländischen, allzu utilitarischen Anschauungsweise angehörend, dürfte weder in formeller, noch in stofflicher Beziehung den Ansprüchen unseres Publicums entsprechen.

Das vorliegende Werk unternimmt es, die „technische Geologie" als angewandten Zweig der geologischen Wissenschaft aus dieser selbst zu entwickeln, ein wirkliches Verständniss für die Fragen der Geologie, insbesondere für den eine praktische Anwendung zulassenden Theil derselben anzubahnen, nicht bloss äusserlich Daten auf Daten zu häufen, die zuletzt mehr ein Ballast für das Gedächtniss, als eine wirkliche Hülfe für den Lernenden werden. Dass die Vollständigkeit nicht unter der Verfolgung dieser Idee leiden durfte, versteht sich von selbst; man braucht nur die grosse Schwierigkeit zu kennen, welche sich Jedem entgegenstellt, der die praktisch wichtigen Daten der Mineralogie und Geologie sammeln will, um jene Forderung als durchaus berechtigt zu erkennen. Daher sind auch alle in den älteren Werken abgehandelten Gegenstände durchweg berücksichtigt und in ihrem Verhältniss zum Ganzen möglichst scharf gekennzeichnet. Zunächst ward die Gesteinslehre und der einschlagende, besonders der architectonische Theil der Geologie in den zwei Kapiteln des ersten Abschnittes mit ganz besonderer Rücksichtnahme auf

Technik und Industrie abgehandelt; auf dieser Grundlage ward zunächst das Verhalten der Fels- und Erdmassen im Grossen und Ganzen ins Auge gefasst, und darauf folgte endlich die specielle Anwendung auf die einzelnen Industriezweige, die ein einheitliches Bild derselben zu entwerfen, dabei aber auf einzelne der lehrreicheren oder für Deutschland wichtigeren Punkte näher einzugehen hatte.

Dieser Plan bedingte eine gewisse Ausführlichkeit des zweiten Abschnittes, welcher seinem allergrössten Theile nach durchaus neu ist.

Ueberzeugt, dass grade in diesem Punkte für den grössten Theil aller derer, welche geologischen und technischen Problemen näher zu treten haben, eine wesentliche Lücke zu suchen ist, glaubte ich eben diesem Gegenstande besondere Sorgfalt schenken zu müssen. Es sollte mich freuen, wenn damit meine Hoffnung, ein wesentliches Verbindungsglied der theoretischen und angewandten Geologie gewonnen zu haben, verwirklicht würde. Keinenfalls aber durfte eine eingehende Behandlung des zweiten Abschnittes fehlen, wenn die „technische Geologie“ auch dem Techniker wahren Nutzen bringen sollte. Wer auch nur kurze Zeit mit technischen Praktikern verkehrt hat, kennt unbedingt deren — wohlmotivirten — Heisshunger nach geologischen Daten. Dass nun dieses Trachten nicht immer sich auf die richtigen Gegenstände wirft, dass es ferner, wenn es sich wirklich an die vorliegenden Objecte hält, leicht zu unrichtigen, in falscher Weise verallgemeinerten Schlüssen hindrängt, ist leicht erklärlich; es auf eine richtige Bahn und zu solchen Resultaten hinzulenken, die jedem Techniker leicht zugänglich, zugleich aber auch direkt nützlich sind, war eine unbedingt lohnende Aufgabe.

Da indessen die Techniker nicht die Einzigen sind, für welche diese Darlegungen zu berechnen waren, da ganz dasselbe, was auf sie Bezug hat, nicht minder für einen grossen Theil der Laien gilt — für alle Grundbesitzer, die irgend einem technischen oder industriellen Unternehmen näher treten, für alle Unternehmer dieser Art, für Jeden, der sich für solche Gegenstände überhaupt interessirt —, so musste die

Darstellung Manches enthalten, was bei einem nur für Techniker berechneten Lehrbuche hätte vorausgesetzt werden können. Allein die kurze und ganz elementare Darlegung der allereinfachsten technischen Sätze, welche für den vorliegenden Zweck nicht nur genügte, sondern die einzig mögliche war, dürfte auch dem Techniker selbst nicht ganz unwillkommen sein. Auf alle Fälle wird der Letztere aus ihrer Fassung erkennen, wie intensiv grade dieser Theil des Stoffes zu verarbeiten war, ehe er in eine klarere und abgerundetere Form gebracht werden konnte.

Dass nun, an den zweiten Abschnitt zunächst und direkt anknüpfend, die auf mineralogischer Grundlage beruhenden Gewerbe speciell berücksichtigt sind — und unter ihnen in vorwiegender Weise die wirklich bodenständigen, zu allermeist diejenigen, welche auch Seitens der Landwirthe betrieben werden können —, rechtfertigt sich gewiss von selbst. Vom Bergbau und seinen Nebenzweigen wurde indess nur das hervorgehoben, was allgemein zu wissen nöthig; ein Eingehen auf dessen ganzes Gebiet war den vorhandenen Litteraturerscheinungen gegenüber ebenso unnöthig, als es dem Plane vorliegender Schrift widersprochen hätte. Auf die Zusammenstellung der Gewinnung der vielen tagtäglich gebrauchten Requisiten des häuslichen Lebens, welche das Mineralreich liefert, wurde nicht nur hinsichtlich des Strebens nach möglichster Vollständigkeit, sondern auch in Bezug auf übersichtliche Anordnung mit Sorgfalt verfahren. In Verbindung mit den vorhergehenden Kapiteln wird daher in dieser Zusammenstellung auch der Handeltreibende die ihm aus der Geologie nothwendigen Daten entnehmen können.

Eine besondere Rechtfertigung bedarf für Manche vielleicht die Hinzufügung des letzten Kapitels. Allein es stehen mir dabei nicht nur die Ansichten der sämmtlichen früheren Autoren zur Seite, sondern auch der innere Zusammenhang des ganzen Inhaltes dieses Kapitels mit allem Früheren. Dazu kommt, dass auch nur durch diese Zugabe für den Landwirth, der doch in vorragender Weise zu berücksichtigen, ein annehmbares Buch geschaffen werden konnte; und endlich

möchte selbst für denjenigen, der im Besitze von Schriften über Bodenkunde ist, die in festem Anschlusse an den allgemeineren ersten Abschnitt und in gedrängter Kürze gegebene Darstellung dieses Zweiges der geologischen Wissenschaft nicht ohne Nutzen und nicht interesselos sein. Die Hauptsache blieb dem ganzen Plane gemäss immer die Rücksicht auf einheitliches, wahres Verständniss der einschlägigen Fragen, das ohne das Schlusskapitel auch für den ausserhalb der landwirthschaftlichen Kreise stehenden Theil der Leser ein unvollständiges geblieben sein würde. —

Halle, im Juli 1878.

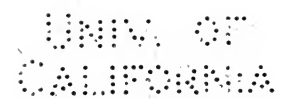
Dr. D. Brauns.

Inhaltsverzeichniss.

Erster Abschnitt.

Seite

Zweiter Abschnitt.



Erster Abschnitt.

Die Erdrinde als Gegenstand der technischen Geologie.

Erstes Kapitel.

Die Bestandtheile der Erdrinde.

Die Erdrinde oder der nahe der Oberfläche gelegene Theil der festen Erde wird gewöhnlich je nach der grösseren oder geringeren Festigkeit und Cohäsion der Bestandtheile eines Theils in Fels und Gestein, andern Theils in Boden, Erdkrume, Schutt- und Schwemmland eingetheilt. Allein diese Art der Sonderung sollte nicht obenanstehen; vielmehr zerfällt die ganze Erdrinde in erster Linie nach der Art und Weise der Lagerung ihrer Theile in zwei grosse Abtheilungen: geschichtete und ungeschichtete Massen. Die Zuordnung zu einer dieser grossen Abtheilungen ist zunächst von den Rücksichten auf die physikalische Beschaffenheit der betreffenden Partien unabhängig; es fallen in beide Abtheilungen sowohl feste Felsmassen, als verwitterte, lockere Massen, und treten insbesondere die geschichteten Bildungen ebensowohl als lockerer Schlamm, Fluss- und Flugsand, wie als feste Schiefer, Kalke und Sandsteine auf. Es können selbst die einzelnen Bestandtheile ganz die nämlichen sein; es kommt nicht selten vor, dass ungeschichtete Felsen im Laufe der geologischen Vergangenheit der Erde zertrümmert, und dass dann ihre Trümmer wieder zu einem neuen, geschichteten Gestein zusammengetragen wurden; es kommt vor, dass sich ein ungeschichtetes Gestein theilweise zersetzt und dass die kleinen Theilchen zerfallen und wieder zu einem dem Bestande nach ganz ähnlichen, grösstentheils dieselben Mineralien enthaltenden geschichteten Gesteine verbunden werden. Diese Uebereinstimmung in den Bestandtheilen wird ganz allgemein von den Geologen für unerheblicher gehalten, als das Merkmal der Schichtung oder der ungeschichteten — massigen — Formung der Gesteinsarten, und mit vollem Rechte; denn in der That fällt dieses Merkmal mit

einer Grundverschiedenheit in der Entstehung zusammen. Die geschichteten Gesteine, welche stets in ungefähr parallele Lagen getrennt sind und diese Trennung oft auf sehr lange Strecken ganz gleichmässig zeigen, sind nämlich stets aus allmähliger Aufeinanderhäufung der einzelnen Gesteinstheile hervorgegangen. Diese Aufeinanderlagerung zeigt sich oft sehr deutlich durch vielfache Trennungsflächen (Schichtflächen), welche sämmtlich mit einander ganz oder annähernd parallel sind, oft minder deutlich, wenn jene Schichtflächen nicht so oft wiederkehren und zwischen ihnen die Auflagerung der Theile auf einander minder regelmässig ist. Immer ist sie bis auf die feinsten Theile vorhanden und häufig auch noch zwischen den Schichtflächen — als gebänderte, denselben parallele Streifung des Gesteins, durch Einstreuung fremdartiger Bestandtheile in einem bestimmten Streifen des Gesteins, oder durch Anhäufung gewisser verschiedener Gesteinstheile in einzelnen Lagen — zu beobachten. So sieht man Sandsteine, welche eine der Hauptabtheilungen der geschichteten Felsarten bilden, nicht selten in der erstgenannten Weise verschiedenfarbig gestreift; man sieht in Thonschichten bestimmte Lagen von Eisensteinknollen, in Kalken von Muschelschalstücken, in Sandsteinen von Glimmerblättchen erfüllt; man sieht endlich im Gneiss und Glimmerschiefer, welche ebenfalls in die Kategorie der geschichteten Gebilde gehören, bestimmte Lagen voll von Glimmer und andere arm an demselben, in manchem Kalkgebirge feine Lagen ziemlich reich an Thon, der in der übrigen Masse nur sparsam auftritt. Es versteht sich von selbst, dass die „Schichtung“ oft erst an grösseren Gesteinspartien deutlich wahrnehmbar wird, wenn die Massen zwischen zwei Schichtflächen sehr gross (mächtig) sind und einzelne Lagen in ihnen nicht scharf hervortreten. Im Grossen und Ganzen aber ist sie stets an jeder der Hauptabtheilungen dieser Gesteine nachzuweisen und ist zugleich Beweis, dass deren Bildung durch allmähligen Absatz aus einer Flüssigkeit erfolgt ist. Diese Flüssigkeit kann nun in den meisten Fällen keine andere sein, als das W a s s e r — nur in Einzelfällen ist es die elastische, gasförmige Luft, welche uns umgiebt —; und in der Flüssigkeit (namentlich im Wasser) erfolgte der Absatz ursprünglich immer in einer nahezu horizontalen Lage. Die Geologie weist es nach, dass da, wo die einzelnen Schichten und Schichtflächen nicht mehr horizontal liegen, wo sie schräg oder gar steil aufgerichtet, gebogen und gefaltet, unterbrochen sind, dass da überall bestimmte spätere Ereignisse stattfinden, welche die ursprüngliche horizontale Lage störten.

Die Gesteine, welche die Schichtung nicht zeigen, haben eine wesentlich andere Entstehung gehabt und können auf die verschiedenste Art auf-, unter-, neben- und ineinander gelagert erscheinen, daher man als Gegensatz zu der Schichtung oder — wie sie ebenfalls

genannt werden kann — der regelmässigen, normalen Ueberlagerung bei ihnen die verschiedensten (unregelmässigen oder abnormen) Lagerungen beobachtet, die man im Allgemeinen wohl als durchgreifende Lagerung zu bezeichnen pflegt. Bei derselben ist ein Empordringen und Durchbrechen von unten, nicht selten mit einem Ueberfliessen oder auch mit einem Zwischenfliessen, sehr häufig mit Deutlichkeit wahrzunehmen und fast immer durch die besondern örtlichen Verhältnisse und durch später zu betrachtende Nebenerscheinungen nachzuweisen. Diese Nebenerscheinungen sind nun der Art, dass eine Analogie mit einer bestimmten, noch heutzutage ebenso gut, wie der Absatz im Wasser zu beobachtenden Bildungsweise von Gesteinen und Gesteinsmassen sich mit Nothwendigkeit folgern lässt, nämlich mit der Bildung vulkanischer Massen. Denn auch jene Nebenerscheinungen weisen, gleich der Schmelzhitze der vulkanischen Laven u. s. w., auf einen hohen Temperaturgrad hin, und so hat man denn die ungeschichteten oder massigen (auch unregelmässigen, abnormen) Gesteine als im Feuer entstanden, als Analoga der Vulkanbildungen anzusehen und nennt sie daher „pyrogen“ d. h. durch Feuer gebildet, (wofür früher meist „plutonisch“ gesagt ward) oder auch, da sie aus der Tiefe empordringen und sich von dort aus zwischen die übrigen Bildungen verbreiten, eruptiv. Die geschichteten, durch Absatz im Wasser gebildeten, daher „sedimentären“ oder auch normalen Gesteine heissen dagegen „hydrogen“ (wofür früher meist „neptunisch“ gesagt ward), d. h. durch Wasser gebildet.

Es liegt auf der Hand, wie wichtig diese Bildungsweise der verschiedenen Gesteinsabtheilungen auch in praktischer Hinsicht ist. Die Bildungsgesetze bedingen die Ausdehnung der Massen nach den verschiedenen Raumrichtungen, und somit belehrt uns erst die Kenntniss derselben über die Richtungen, in welchen wir — abgesehen von den später zu erwähnenden und hie und da vorkommenden Störungen dieser Verhältnisse — eine Fortsetzung der Gesteinsmassen erwarten dürfen, und in vielen Fällen auch über die Frage, ob mit Gewissheit oder einiger Wahrscheinlichkeit eine solche Fortsetzung anzunehmen ist, und in welcher Ausdehnung und in welcher Weise hin dies der Fall sein wird. Stellen wir uns z. B. ein geschichtetes Gebirge vor, wie es Fig. 1 (nach den Vorkommnissen am Nordharzrande ideal entworfen) abbildet, so erhellt ohne Weiteres, dass man die Fortsetzungen der Schichtenköpfe, welche auf dem Terrain nach und nach in der Richtung von links nach rechts überschritten werden, nicht mehr erwarten darf, sobald ihre untere Grenze (nach rechts) erreicht ist. Dagegen setzen sie sich in die Tiefe hin fort, nur in schräger Richtung, so dass ein senkrechtes Bohrloch jedesmal ziemlich bald aus der Schicht in die nächsttiefere gerathen würde. Noch stärker tritt letzteres bei den jüngsten, flacher geneigten Schichten hervor,

welche nun auch theils an der Erdoberfläche, theils unter der nächsthöheren Schicht nach links sich in grösserer Ausdehnung fortsetzen. Ganz anders verhält sich das Massengebirge des später näher zu erörternden Gabbro, für welches eine Erstreckung in Länge und Breite überhaupt nicht von vornherein angenommen werden kann (denn es unterbricht in unregelmässiger Weise das Schichtgebirge, hier dessen tiefste Schicht, die untere Steinkohlen- oder Culmbildung, und man muss an jeder Stelle auf plötzliches Aufhören des Gabbro gegen letztere gefasst sein); wohl aber ist hier eine erhebliche Weiterverbreitung in die Tiefe mit Sicherheit anzunehmen. Jedoch gilt diese Annahme nicht für jedes Auftreten der massigen Gesteine, da dieselben auch in sehr dünnen Lagen zwischen andere sich eindrängen, ja scheinbar auf eine gewisse Erstreckung den Schichten in gleicher Dicke (Höhe) ausgebreitet sein können. Nur fehlt ihnen dabei stets die wirkliche Schichtung, d. h. die parallele und schichtweis gleichförmige Ablagerung der kleinsten Theile. Es erklärt sich durch diese mannigfache und einem durchgreifenden Gesetze der Lagerung nicht unterworfene Art und Weise

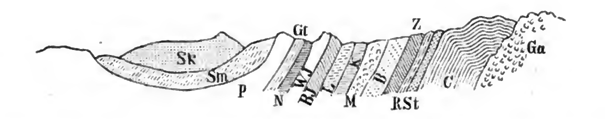


Fig. 1. Idealprofil eines geschichteten Gebirgssystems mit Eruptivmasse (ähnlich dem nördlichen Harzrande). *Sk* Kalk der oberen Kreideformation (Sudmerberger Kalk). *Sm* Mergel der oberen Kreideformation (Sudmerberger Mergel). *P* Oberer und unterer Pläner. *G* und *N* Untere Kreide (Gault und Neocom). *WJ* Weisser (oberer) Jura (Schlewecker Kalk, Korallenoolith). *BJ* Brauner (mittlerer) Jura, Thone etc. vom Gelmkebach etc. *L* Lias (unterer Jura), Thone vom Osterfelde, Harzburger Eisenstein etc. *K* Keupermergel. *M* Muschelkalk. *B* Bundsandstein. *Z* Zechstein. *R* Rothliegendes. *St* Steinkohlenbildung (eigentliche). *C* Culmbildungen (Posidonienschiefer etc.). *Ga* Gabbro der Baste etc. oberhalb Harzburg.

des Auftretens der massigen Gesteine auch der Name „abnorme Gesteine“. Das Bezeichnende ist selbst dann, wenn eine allmählige Ueberlagerung einzelner (grösserer) Theile, also z. B. ein Ueberströmen verschiedener Lavaergüsse über einander, stattfindet, der Mangel jener regelmässigen Ueberlagerung jedes Theils des Gesteins über die nächst älteren Partien, d. h. der Mangel wahrer Schichtung. Jeder Lavastrom ist auf ein Mal gebildet; die Decke, welche er darstellt, ist eine dünn ausgebreitete Masse, und nur dem Anscheine nach ähneln solche Reihenfolgen von Massen den Schichten des Sedimentärgebirges. Man unterscheidet sie daher auch unter dem Namen „abnormer Schichten“ (scheinbarer Schichten abnormer oder eruptiver Gesteine), zu denen die unten zu erwähnenden Lagergänge ebenfalls gehören.

Nach diesen Auseinandersetzungen wird es nur gerechtfertigt erscheinen können, wenn nicht die chemische oder mineralogische Zusammensetzung, sondern die aus der Lagerung und aus der Verbreitung der Gesteine sich ergebende Entstehungsweise derselben als oberstes Eintheilungsprincip aufgestellt wird. Im Grunde liegt dieses Princip auch allen Eintheilungen der Gesteine zu Grunde; nur ist es manchmal nicht klar ausgesprochen, nicht consequent durchgeführt. Und dies hat seinen Grund darin, dass man dem so eben genannten zweiten Eintheilungsprincipe — das übrigens in vielfacher Beziehung zu dem ersten steht — aus angeblich praktischen Gründen zu viel Einfluss einräumte. Die Mineralien, aus welchen die Gesteine bestehen, sind meist mit Hülfe einer leichten Untersuchung, sicher stets mit Hülfe des Mikroskopes und der chemischen Untersuchung, — welche geeigneten Falls in Verbindung mit der Mikroskopie angewandt werden kann — zu ermitteln. Um sie zu bestimmen, bedarf es keines Hinausgehens über die Grenzen eines guten Probestückes, und auf den ersten Blick könnte es scheinen, als ob man damit eine viel leichtere und sicherere Grundlage für eine Eintheilung der Gesteine gewänne. Dagegen ist aber zu bedenken, dass eine Gesteinsbestimmung, welche auf diesem Wege gemacht ist, über die allerwichtigsten Verhältnisse im Unklaren lässt. Ausserdem aber ist in sehr vielen Fällen die Schichtung ein Charakter, der auch an den kleineren Gesteinsstücken noch sehr wohl zu beobachten, und zwar oft mit grösster Leichtigkeit, sodass die Fälle, in welchen ein Zweifel über die Zugehörigkeit eines Gesteins zu einer oder der anderen Hauptabtheilung stattfinden kann, selbst ohne eingehende fachliche Untersuchung gewiss nur vereinzelt sein werden.

Was die Mineralien betrifft, welche als wesentliche Gemengtheile in die Gesteine übergehen, so ist zunächst festzuhalten, dass dieselben zwar bei geschichteten und massigen Gesteinen ganz die nämlichen sein können, dass sie sich aber doch im Ganzen in den beiden Gruppen sehr verschieden vertheilen und dass der Hauptsache nach manche Mineralien nur der einen der beiden grossen Abtheilungen angehören. So liegt es auf der Hand, dass ein Mineral, wie der kohlensaure Kalk (Kalkspath), das sich in höherer Temperatur zersetzt (zu Aetzkalk brennt), nicht in Form einer feuerflüssigen Masse aufgetreten sein kann; wo immer wir Kalkspath finden, ist er im Wasser gebildet, und wir würden daher aus seiner Gegenwart allein schon ersehen können, dass ein Gestein, welches ihn führt, Schichtgestein oder Sedimentärgestein sein müsse, wenn nicht noch andere (später zu erörternde) Arten der Entstehung von Mineralien aus dem Wasser — in Gesteinsklüften und Höhlungen, oder auch im Gesteine selbst, wenn dieses sich durch Einwirkung des Wassers, der Kohlensäure u. s. w. zersetzt — möglich wäre. Mehr Schwierigkeit macht die Mehrzahl

der anderen Mineralien, wie z. B. der Quarz; denn wenn dieser auch allen unseren Erfahrungen nach sich nur aus einer wässerigen Lösung abscheidet[1]), so ist er doch so feuerbeständig, dass er an und für sich seiner Masse nach unverändert bleiben kann, wenn er auch der Schmelzhitze der Laven ausgesetzt wird; wenngleich diese ein Zerspringen der Quarzkrystalle, eine Veränderung zufälliger Beimengungen zu bewirken vermag, und wenn beim Vorhandensein gewisser anderer Stoffe auch eine theilweise Zerstörung der Quarzpartikel (ein Einschmelzen derselben in Glasflüsse) stattfinden kann, so ist dies doch keineswegs immer mit Nothwendigkeit geboten, und das Vorkommen von Quarz kann an und für sich nur beweisen, dass dieses Mineral, nicht dass das ganze Gestein auf „nassem Wege“, wie die Chemie sich ausdrückt, entstanden ist. Ausserdem kommt auch beim Quarze, und zwar vorzugsweise, die Bildung in Hohlräumen von Gesteinen (Achat- und Bergkrystallausfüllungen von Klüften und von den sogenannten mandelförmigen Höhlungen gewisser Felsarten) und durch Zersetzung von Kieselsäureverbindungen auf nassem Wege vor. So wichtig daher auch der Quarz (neben dem Kalke) für die Schichtgesteine ist, so wenig kann sein Auftreten beweisend für die sedimentäre Natur einer Felsart sein. Ein drittes dahin schlagendes Mineral ist der gemeine Thon, das häufigste und letzte Zersetzungsprodukt der Kieselsäureverbindungen, wenn dieselben bei gewöhnlicher Temperatur der Luft, dem Wasser und insbesondere der Kohlensäure ausgesetzt sind und durch dieselben (auf nassem Wege) angegriffen werden. Dieser gemeine Thon gehört ebenfalls zu den wichtigsten und der Masse nach bedeutendsten Bestandtheilen der Schichtgesteine; da er aber auf jenem Wege durch die Verwitterung von Eruptivgesteinen sich bildet, so liegt auf der Hand, dass er auch mit letzteren gemengt oder auch aus ihrer ganzen Masse hervorgegangen sich finden kann, ohne schon vom Wasser transportirt und abgelagert zu sein; ja, es sind gerade sehr wichtige, weil von manchen Beimengungen freie Thonlager (die Lager von Kaolin oder Porzellanerde), welche an ursprünglicher Bildungsstätte geblieben und somit nicht sedimentäres Gestein geworden sind.

Es mag hier auch die Bemerkung eingeschaltet werden, dass die dritte Hauptform, in welcher geologische Bildungen auftreten, die Ausfüllung nämlich von Spalten in anderen Gesteinen, zwar technisch in hohem Grade wichtig ist, weil sie nicht allgemein verbreitete und oft sehr nützliche Mineralien, besonders Erze, zusammenhäuft, allein eigentliche „Gesteine“ nicht liefert. Ist vielmehr eine solche Spalte,

1) Dem Verfasser sind die neuen Angaben Lehmann's sehr wohl bekannt, nach denen Quarz durch die Hitze von Eruptivgesteinen gebildet sein soll; jedoch hält derselbe den Beweis Lehmann's für durchaus nicht stichhaltig. Verf.

ein „Gang", über dessen Formverhältnisse noch unten ausführlich die Rede sein wird, von einem Gesteine erfüllt, so steht dies immer mit Massenbildungen in Verbindung und hat mit der eigentlichen Gangbildung, die wir im Allgemeinen als spätere und allmählige Ausfüllung von Spalten durch Infiltration (auf nassem Wege) kennen lernen werden, nichts zu thun.

Von solchen Gesteinen, welche ganz gleiche Bestandtheile haben, aber eines Theils geschichtet, andern Theils ungeschichtet sind, möchten als wichtigstes Beispiel der Gneiss und der Granit hervorzuheben sein, beide aus Feldspath (stets grossentheils Orthoklas), Glimmer und Quarz bestehend, und dennoch beide ihrer Natur und Verbreitung nach streng geschieden. Der Gneiss bildet weit ausgedehnte und in grosser Mächtigkeit über einander gelagerte Schichtengebirge, welche z. B. einen grossen Theil von Skandinavien, Finnland, Böhmen, Nordamerika bedecken; der Granit bildet dagegen einzelne kleinere Massen, welche nicht nur die genannten Gneissablagerungen, sondern mitunter auch andere Schichtgebirge durchbrechen und stets ungeschichtet sind. Manchmal unterbrechen Lagen von Granit den Gneiss, und dies hat wohl hie und da zu der Annahme von Uebergängen Veranlassung gegeben; die Scheidung der Masse des Granites von den Schichten des Gneisses ist stets vollkommen scharf und spricht sich immer in grösseren Dimensionen aus. Daher lassen sich diese granitischen Lagen sehr wohl in ähnlicher Weise erklären, wie überhaupt die Decken und Ströme von massigen Gesteinen (von Laven u. s. w.); und da ausserdem wohl stets der Gneiss eine feinere Körnung und minder eckige Form wenigstens eines Theils der Quarzkörner zeigt, da namentlich die Anordnung seiner Glimmerblättchen bis in die feinsten Lagerungsverhältnisse hinein das Gesetz der Schichtung zeigt, in den meisten Fällen sogar in ganz regelmässiger Anordnung, so ist man ohne alle Frage berechtigt, zwischen die beiden Hauptgesteinsabtheilungen Granit und Gneiss die erste Hauptgrenze zu legen. Die Gleichheit der Zusammensetzung, obgleich sie sich bis in die feinsten, mikroskopischen Theilchen erstreckt, darf dies um so weniger hindern, als auch andere Massengebirge, deren Material durch Verwitterung und Abschwemmung zertrümmert und neu zu Schichtgebirge zusammengeschwemmt ist, ganz ähnliches Verhalten zeigen. Die verwitterten Porphyre Sachsens geben die Porphyrtuffe, die „Thonsteine" der älteren sächsischen Geologen, welche in ganz derselben Weise, wie der Gneiss, nur in geringerer Ausdehnung, in der Umgebung der Porphyrmassen geschichtete Gebirge bilden; auch diese Tuffschichten sind gelegentlich durch wirkliche Porphyrdecken unterbrochen, grade wie die Gneisse durch Granitdecken. Nicht minder kann sich ein ähnliches Verhalten da finden, wo die geschichteten Gesteine aus gröberen, meist durch Abnutzung rundlich geformten (gerollten) Trümmerstücken von Massen-

gesteinen bestehen, in welchem Falle man die verschiedene Ursprungsart noch leichter beobachten kann.

Es ergiebt sich aus allem bereits Gesagten mit Nothwendigkeit, dass auch die Art und Weise, in welcher die einzelnen Bestandtheile von Gesteinen mit einander verbunden sind, zu den wichtigsten Kennzeichen und Unterscheidungsmerkmalen gehört und in manchen Fällen ebenso gut, wie die Entstehungsweise im Allgemeinen, wichtiger als die mineralogische Zusammensetzung werden kann. In dieser Beziehung haben wir unter den im Wasser abgelagerten Gesteinen zunächst die Trümmergesteine abzusondern, welche aus Gesteinsstücken bestehen, die aufs Neue — vom Wasser — zusammengetragen und verbunden sind, sei dies nur in loser, lockerer Weise, sei es mittelst eines festeren Bindemittels geschehen. Diese Trümmergesteine bestehen aus gröberen oder feineren Gesteinsstücken; jene nennt man je nach ihrer Grösse (je nachdem sie vom Wasser mehr oder weniger leicht gegen einander bewegt werden konnten) Geschiebe oder Gerölle oder, bei noch geringerer Grösse, Grand, Grus, Kies, im Allgemeinen Conglomerate (in Süddeutschland „Schotter") oder, wenn sie noch nicht ihre ursprüngliche Bruchform verloren haben, eckige Trümmer oder eckige Fragmente. Die Gesteine aus letzteren heissen Breccien, die übrigen Conglomeratgesteine. Die feineren Gesteinstrümmer nennt man im Allgemeinen Sand; sie sind fast immer gerollt, körnig. Die Trennungslinie ist im Ganzen willkürlich; so schwankt man namentlich bei einer Maximalgrösse der Stücke von 2 bis 5 Millimeter hinsichtlich der Bezeichnung und spricht dann ebensowohl von „Perlsand" als von „feinem Grand". Auf diese Weise gehen manche Sandsteine (z. B. Grauwacken) auch in Conglomerate über. Der Sand heisst grobkörnig, wenn seine Körner noch über $^1/_2$ Millimeter, mittelkörnig, wenn sie zwischen $^1/_2$ und $^1/_5$ Millimeter, fein, wenn sie zwischen $^1/_5$ und $^1/_{10}$ Millimeter, sehr fein, wenn sie zwischen $^1/_{10}$ und $^1/_{20}$ Millimeter Durchmesser besitzen; unter dieser Grösse bezeichnet man die Trümmerstückchen als Mehl, Staub oder mit einem in neuerer Zeit üblicher gewordenen Provinzialausdrucke als „Schluff". Zunächst unterscheidet man nun die nicht zusammengekitteten losen „Sande" von den mehr oder weniger fest verbundenen „Sandsteinen". Es ist ferner wohl zu bemerken, dass jeder Sand aus Stücken irgend welcher gesteinsbildenden Mineralien bestehen kann, dass aber unter diesen doch der Quarz so überwiegend häufig als Sand auftritt, dass man im gemeinen Leben nicht selten Sand als Quarzsand gebraucht, ja es wird bei den Sandsteinen ganz allgemein angenommen, dass die einzelnen Körner vorwiegend Quarz sind. Hat irgend ein anderes Mineral den „Sand" geliefert, so ist es unbedingt nothwendig, dessen Namen hinzuzufügen, so dass z. B. „Kalksand", „Dolomitsand" lose Gesteinsanhäufungen aus Trümmern von

Kalk oder Dolomit bedeuten. In andern Fällen bedeuten die dem Worte „Sand“ oder „Sandstein“ hinzugefügten Mineralnamen nur Beimengungen, welche der Quarzsand zeigt; so ist „Spathsand“ ein mit Feldspath gemengter Quarzsand, „Glimmersand“ ein Quarzsand, welcher mit Glimmerblättchen gemischt ist u. s. w. Die grösseren Conglomeratstücke bestehen nicht selten aus Stücken gemengter Felsarten, in denen die verschiedenen Beimengungen derselben sämmtlich zu erkennen sind; daher man nicht nur von „Porphyrconglomeraten“, „Sandsteinconglomeraten“, „Kalkconglomeraten“ spricht, sondern auch die Gesteine, von denen sie stammen, specieller bestimmen und danach die Conglomerate noch näher bezeichnen kann.

Eine zweite Art von Gesteinen, die sich im Wasser absetzen, sind die aus Zersetzung anderer und aus Wiederabsatz der zersetzten, aber unlöslichen Theile entstandenen. Diese Abtheilung umfasst auch jene aus halbzersetztem Material massiger Gesteine vieler zusamengeschwemmten Gesteine, welche oben als „Tuffe“ im weiteren Sinne bezeichnet wurden, und welchen sich im Grunde auch alle krystallinischen Schiefergesteine anreihen. Allein eine noch grössere Rolle unter den hierher gehörenden Gebilden spielt unbedingt der — bereits erwähnte — Thon nebst den wesentlich aus ihm gebildeten und danach als „pelitisch“ bezeichneten Gesteinen. Der gemeine Thon geht in eine sehr grosse Zahl der geschichteten Gesteinsarten ein, mengt sich mit der vorigen und der folgenden Abtheilung und wird, da er für Industrie und Landbau von höchster Wichtigkeit, im Folgenden nach verschiedenen Seiten hin zu besprechen sein. Er macht die Hauptmasse der feinsten Bestandtheile aus, welche im Wasser ungelöst, aber frei schwebend (suspendirt) weiter befördert werden und erst im ruhenden Wasser allmählig zu Boden fallen, daher die Hauptmasse des feineren Schlammes oder Schlickes und in dem Ackerboden die Hauptmasse der Feinerde, welche — meist zwischen die gröberen Bestandtheile zwischengestreut — den Pflanzenwurzeln hauptsächlich Halt genährt.

Die dritte Hauptart der geschichteten Gesteine besteht aus den Stoffen, welche im Wasser, sei es an sich, sei es durch Vermittlung der stets in gewissem Grade in ihr enthaltenen freien Kohlensäure, gelöst sein können und aus demselben gefällt oder krystallinisch ausgeschieden werden. Hierher gehören vorzugsweise diejenigen krystallinischen Gesteine, welche nicht aus Schmelzfluss erstarrt, sondern aus dem Wasser (bei gewöhnlicher Temperatur) abgeschieden sind, und gehört dahin die Hauptmasse der einfachen krystallinischen Gesteine, bei denen das krystallinische Gefüge wohl im Einzelnen die Schichtung etwas verwischen, nie aber im Grossen und Ganzen unkenntlich machen kann. Sie zerfallen in die Gruppe des Kalkes, dem sich einige andere Gesteine, namentlich der Dolomit und die Eisensteine anreihen, und in die der eigentlichen Salzgesteine (salinen Gesteine),

zu welchen ausser dem Steinsalz und anderen aus dem Seewasser auskrystallisirten Salzen (Bittersalz, Kalisalze u. s. w.) insbesondere auch der schwefelsaure Kalk (Gyps und Anhydrit) gehört. Auch diese Gesteine sind von hervorragender Bedeutung und besonders der Kalk eines der verbreitetsten, so dass er nächst und mit dem Thon und Quarz geradezu die Hauptmasse der Sedimentärgebirge ausmacht.

Als vierte Hauptart der geschichteten Gebirgsarten sind die Ablagerungen organischen Ursprungs zu nennen; zu ihnen gehören die vorwiegend pflanzlichen Kohlen und Kohlenwasserstoffe und thierische Ablagerungen, theils aus Kalk, theils aus Phosphorit.

Wenn so der Weg, auf welchem die einzelnen Gesteine sich bildeten, bei der sedimentären Abtheilung eine grosse Rolle spielt, so ist bei der zweiten, im Feuer gebildeten Abtheilung die Entstehungsart eine so übereinstimmende, dass man bei ihnen hinsichtlich dieses Momentes auf die Periode der Entstehung und auf die Zeitdauer, welche seit ihrer Bildung verflossen, sich beschränken und im Uebrigen auf andere Punkte, insonderheit auf die mineralogische Zusammensetzung zurückkommen muss. Man hat sehr oft betont, dass das erste Moment, das Alter der massigen oder eruptiven Gesteine, erst durch complicirtere Untersuchungen festgestellt werden müsse, welche sich auf das Verhältniss dieser Felsarten zu anderen zu erstrecken hätten, und hat daraus folgern wollen, dass die Eintheilung nicht von diesem Momente ausgehen dürfe. Allein die Zeitdauer — eine wie in allen geologischen Fragen überaus lange, kolossale —, welche seit der Entstehung von einer Gebirgsart verflossen ist, hat doch unbedingt auf die Beschaffenheit derselben einen grossen Einfluss ausüben müssen. Die Umänderungen, welche die einstmals feuerflüssigen, dann abgekühlten und erstarrten Massen durch die beständige Einwirkung von Wasser, Luft, Kohlensäure u. s. w. zu erleiden hatten, sind erst in letzter Zeit mehr und mehr gewürdigt; sie musste die mineralogische und damit die chemische Zusammensetzung bedeutend ändern und ganz besonders solche Mineralien schaffen, welche jenen Einflüssen gegenüber einigermaassen beständig sind. Wir sehen daher auch schon in den älteren Laven, welche aus den noch thätigen Vulkanen in früheren Zeiten ausgeflossen sind, andere Mineralien vorwiegen, als in den jetzigen, sehen die Struktur sich ändern u. s. w. Weit mehr noch zeigt sich dies in den vorweltlichen Gesteinen ähnlicher Art und im Allgemeinen in um so höherem Grade, je älter die Felsarten sind. Es ist daher jenes Zurückgehen auf das grössere oder geringere (geologische) Alter der Massengesteine keineswegs willkürlich herbeigezogen, sondern im Einzelnen doch nicht ohne Bedeutung für und nicht ohne Einfluss auf das zweite Moment, auf die Zusammensetzung der Gesteine.

Was diese betrifft, so hat man zunächst eine allgemeine Untersuchung (Pauschanalyse) angestellt, aus welcher die Totalsumme der

in irgend einem Gesteine enthaltenen Stoffe und der zunächst aus ihnen gebildeten Verbindungen sich ergiebt, womit denn auch die durchschnittliche Bestimmung des specifischen Gewichts (in derselben Weise, wie bei Mineralien auszuführen), auch die wohl hin und wieder angegebene durchschnittliche Härtebestimmung, in Zusammenhange steht. So wenig nun auch aus der Pauschanalyse die Natur der Mineralien zu ersehen ist, aus welchen eine Gesteinsart besteht, so wenig als die Bestimmung (Benennung) sich nach ihr richten kann, so bedeutende Aufschlüsse giebt dieselbe doch schon hinsichtlich der natürlichen Gruppirung der Gesteine, und ganz besonders ist die allgemeine Bestimmung gewisser Stoffe nicht zu entbehren, unter denen wiederum die Kieselsäure obenan steht. Denn die massigen Gesteine bestehen vorzugsweise aus Kieselsäureverbindungen und können nach dem Procentsatze der in ihnen theils frei, theils in Verbindungen enthaltenen wasserfreien Kieselsäure (SiO_2) in zweckmässiger Weise in saure und basische eingetheilt werden. Diese Unterscheidung bezeichnet nichts, als den grösseren oder geringeren Gehalt an Kieselsäure, der in jenem Falle oft über $^3/_4$ des Ganzen, selten unter $^5/_8$, in diesem meist unter $^1/_2$, zuweilen bis hinab zu $^3/_8$ zu betragen pflegt. Die grosse Mannigfaltigkeit der Massengesteine giebt einem solchen Eintheilungsprincipe, welches zunächst grössere Gruppen bilden hilft, einen besonderen Werth.

Was die Mineralien anlangt, welche die massigen Felsarten bilden, so ist zwar die Zahl der für die Gesteine wesentlichen Mineralkörper immer noch verhältnissmässig gering gegen die grosse Anzahl, welche wir überhaupt kennen; allein die Fülle derselben ist doch ungleich grösser, als bei den übrigen Gebirgsarten. Ausser der freien Kieselsäure sind es vorwiegend Kieselsäureverbindungen, welche unter den Bestandtheilen der Massengesteine zu nennen sein werden, und unter den übrigen befinden sich manche, welche mit Bestimmtheit von einer Zersetzung der Gesteine abzuleiten sind (wie z. B. Kalk, Dolomit, Eisenspath, Flussspath, Gyps auf den Klüften und in den Hohlräumen, und wie oben gezeigt, gehört auch ein grosser Theil der freien Kieselsäure, insbesondere des Quarzes, hierher, nicht minder aber der Opal oder die amorph aus Wasser abgeschiedene Kieselsäure). Man hat daher die Massengesteine auch „gemengte (ungeschichtete) Silikatgesteine" genannt oder, da die Silikate vorzugsweise in krystallinischer Form auftreten, „gemengte (ungeschichtete) krystallinische Gesteine". Es muss indess bemerkt werden, dass letztere Bezeichnung keineswegs allgemeine Geltung hat. Schon von jeher kannte man Massengesteine, welche zu einem förmlichen Glase zusammengeschmolzen waren, die „natürlichen Gläser", wie Obsidian, Bimsstein, Pechstein u. s. w.; das Mikroskop aber hat gezeigt, wie sehr solche Glasmasse auch zwischen krystallinischen Massengesteinen verbreitet ist, und wie man in vielen Fällen eine sehr fein gekörnte „Grundmasse", in welcher

Krystalle eingebettet liegen, nur als umgewandelte, im Beginne der Zersetzung, Verwitterung begriffene, also „entglaste“, Glassubstanz anzusehen hat. In Folge dessen hat man nun auch auf die Anordnung der feinsten Theile, auf die Textur oder das Gefüge, auch Structur genannt, das Augenmerk zu richten. Dieselbe besteht nämlich 1) durchgängig aus einzelnen kleinen Theilen, welche nach allen Richtungen des Raumes etwa gleiche Ausdehnung haben und heisst dann körnig, wobei selbstverständlich in den Massengesteinen, überhaupt in den krystallinischen Gesteinen, die einzelnen Theile (Körner) krystallinisch-eckig sind und zu Zeiten noch als deutliche Krystalle erscheinen; die körnigen Gesteine theilt man dann in grosskörnige, grobkörnige, mittelkörnige, kleinkörnige und feinkörnige ein, und mitunter geht die feinkörnige Structur 2) in eine mikroskopisch-feinkörnige (dichte) über, die also eigentlich nur eine höchst feinkörnige, keine ganz gleichmässige ist. Dieser stellt sich 3) die glasige, völlig gleichförmige (und amorphe) Structur gegenüber, und ist 4) noch die porphyrische hinzuzufügen, bei welcher in einer dichten oder glasigen Grundmasse einzelne Krystalle (Tafeln, Nadeln, Körner u. s. w.) einer oder mehrerer Mineralarten eingeschlossen liegen. Von dieser Textur geben manche der später zu erwähnenden Massengesteine, Trachyte, Melaphyre, und besonders die wahren Porphyre eine Anschauung; bei letzteren sind in einer feldspath- und quarzhaltigen (entglasten) Grundmasse grössere (helle) Feldspathkrystalle eingestreut. Von der eigentlichen Porphyrstructur ist die porphyrartige wohl zu unterscheiden, bei welcher die Grundmasse, welche die grösseren Krystalle umschliesst, nicht gleichmässig oder dicht, sondern feinkörnig ist. Als eine besondere Eigenthümlichkeit mancher Massengesteine ist endlich 5) die blasige Structur zu erwähnen, welche darin besteht, dass rund umgrenzte, durch Gasblasen in der erstarrenden Masse veranlasste Hohlräume grösseren oder geringeren Umfangs (Mandeln, Blasen, Poren) sich im Gesteine vertheilt finden. Nehmen diese Poren an Zahl zu, an Grösse ab und werden sie zugleich länglich, so wird die Struktur auch wohl schlackig, bimssteinartig genannt. Endlich würde sich 6) die bei geschichteten Gesteinen, namentlich auch bei den geschichteten krystallinischen Gesteinen (bei Gneiss, krystallinischen Schiefer) auftretende schiefrige Structur anreihen, bei welcher die einzelnen Gesteinsgemengtheile nicht nach allen 3 Raumrichtungen, sondern vorwiegend nach denen einer Ebene (nach 2 Richtungen) sich ausbreiten. Die stenglige oder nadelförmige (säulenförmige) Structur, bei der die feinsten Theile vorwiegend nach einer Dimension gestreckt sind, ist dagegen nur als eine Abart der körnigen oder auch der schiefrigen Structur anzusehen. — Dass bei den Massengesteinen nie eine wirkliche Trennung nach Schichtflächen auftreten kann, versteht sich aus den oben gegebenen Erklärungen von selbst, und ist auch der Fall einer Aufeinanderfolge von einzelnen Decken der Massengebirgsarten

bereits oben berücksichtigt. Eine besondere Eigenschaft vieler der Eruptivgesteine aber ist noch zu erwähnen, die nämlich, dass sie sich in bestimmten Richtungen absondern, gewisse sich oft oder durchgehends wiederholende Flächen zeigen, in welchen Zusammenhangstrennungen auftreten. Diese „Absonderung" ist theils krummflächig, kugelig und geht dann in eine Art der Structur über, bei welcher kleinere kuglige Massen, ganz gleichförmig, sich innerhalb einer dichten Masse, gedrängt oder vereinzelt, ausscheiden (z. B. bei manchen Pechsteinen, bei den ihnen ähnlichen sogenannten Perlsteinen); theils aber ist sie ebenflächig und dann entweder einfach, plattenförmig (wie bei manchem Porphyr, beim Klingstein), theils mehrfach und dann rautenartig, schief- oder gradwürflig oder, wie in den meisten Fällen, säulenförmig. Die letztere Absonderung zeigen namentlich die Basalte in so ausgezeichneter Weise, dass man z. B. in Sachsen und Böhmen kaum einen Basaltbruch hat, in welchem nicht mehr oder weniger schlanke, 5 bis 6 seitige Säulen sich finden; Figur 2 stellt einen solchen Basaltbruch aus der Gegend von Zwickau dar. Doch auch der (dem Basalt der Zusammensetzung nach gleiche, nur gröber gekörnte) Dolerit von Staffa und vom „Riesendamm" an der Nordküste Irlands zeigt diese Erscheinung in vorragender Weise, weniger manche Porphyre, Granite u. s. w. Dass ausser diesen Absonderungsarten, wie bei allen Gebirgen, auch noch Zerklüftung und Zerreissung in unregelmässigen Formen vielfach sich zeigt, bedarf nur der Erwähnung, sowie auch das Vorkommen der Absonderungen letzter Art und in manchen Fällen der ebenflächigen im geschichteten Gebirge. In diesem sind es ganz besonders schiefrige Gesteine, welche zuweilen neben der Schieferung, der Trennung in feine Blättchen nach den wirklichen Schichtflächen, noch nach anderen Richtungen ebenflächige Absonderung zeigen; dieselbe liefert dann meist schiefwinklig begrenzte Körper zwischen parallelen Ebenen (schiefwinklige Parallepipeda) und heisst im Gegensatze zu der wahren, mit der Schichtebene gleichlaufenden Schieferung die falsche Schieferung. Sie durchsetzt die Masse des Schiefergebirgs unabhängig von den Biegungen der Schichten, bildet also mit diesen nicht durchgehends denselben Winkel. —

Bevor wir nun zu der Eintheilung der Gesteine, jener Hauptaufgabe der Gesteinslehre, schreiten, ist es unbedingt nothwendig, die Bestandtheile, aus welchen sie bestehen, einer kurzen Besprechung zu unterziehen.

Die gesteinsbildenden Mineralien, deren Eigenschaften die der Gesteine gradezu bedingen, müssen zuvörderst in wesentliche und untergeordnete Gemengtheile der Felsarten eingetheilt werden. Jene setzen die verschiedenen Gesteine theils allein (wie Kalkspath den Kalkstein, Gyps den Gypsfels u. s. w.), theils in bestimmter Gruppirung (wie z. B. Quarz, Feldspath, Glimmer den Granit, Feldspath und Horn-

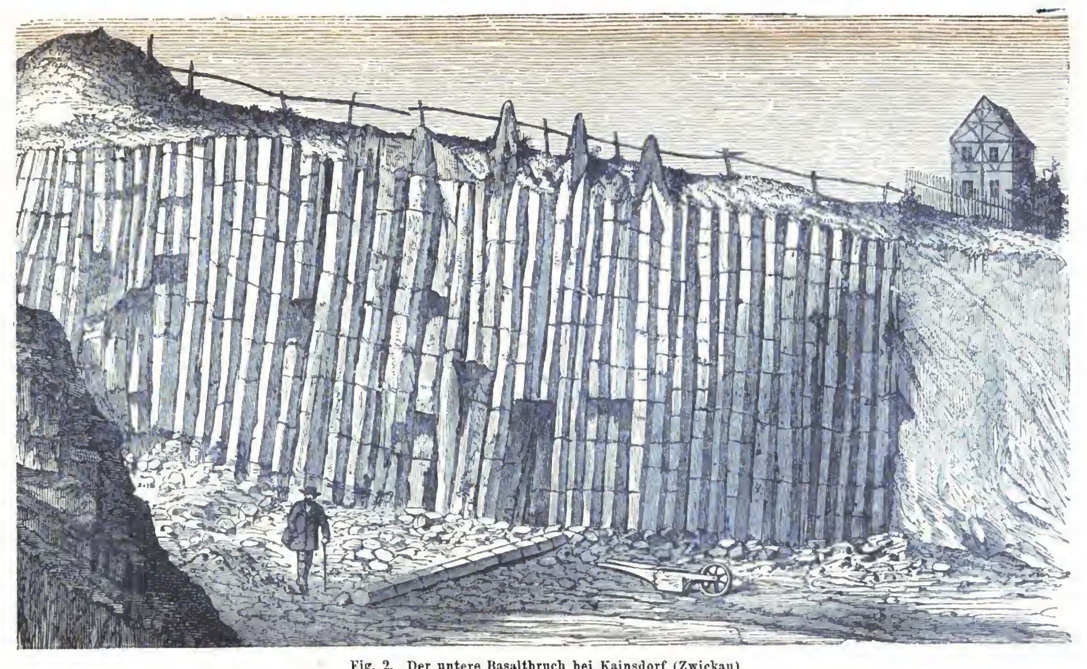
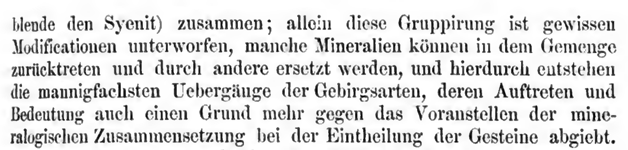


Fig. 2. Der untere Basaltbruch bei Kainsdorf (Zwickau).



blende den Syenit) zusammen; allein diese Gruppirung ist gewissen Modificationen unterworfen, manche Mineralien können in dem Gemenge zurücktreten und durch andere ersetzt werden, und hierdurch entstehen die mannigfachsten Uebergänge der Gebirgsarten, deren Auftreten und Bedeutung auch einen Grund mehr gegen das Voranstellen der mineralogischen Zusammensetzung bei der Eintheilung der Gesteine abgiebt.

Die Mineralien, welche hauptsächlich felsbildend auftreten, sind Quarz, die oxydischen Eisenerze, Steinsalz, Kalk, Dolomit, Spatheisenstein, Gyps und Anhydrit, Thon, Serpentin, Olivin, die Glimmer und Chlorite, Talk, die Hornblenden und Augite nebst dem Diallag und dem Hypersthen, die Feldspathe und die Mineralkohlen, denen sich zunächst noch einige Silikate (Nephelin, Leucit, Turmalin, Epitot, Granat, die Mineralien der Sodalithgruppe, einige Zeolithe, Topas), ferner die „Abraumsalze“ der Salzlager, sowie Graphit, Zirkon, auch Zinnstein, Apatit nebst Phosphorit, Schwefeleisen (besonders als Gemengtheil unreine Thone) anreihen; einzelne andre der häufigeren Schwefelmetalle (Blende, Bleiglanz), dann den Opal, das Titaneisen, die Titansäure (als Rutil und Anatas, nicht in ihrer dritten Form als Brookit), den Magnesit, den Schwerspath und den Cölestin und einzelne der übrigen Silikate (Staurolith, Andalusit nebst Chiastolith und Disthen oder Cyanit) könnte man noch dem Verzeichnisse der Mineralien folgen lassen, aus denen die Reihe der Gesteine sich bildet. Das Erkennen der häufigeren unter den genannten Mineralien, welche von der Totalzahl, wie gesagt, immer nur einen geringen Bruchtheil ausmachen, ist nun auch eines der Haupterfordernisse für den Petrographen, der die Gesteinsarten zu sondern, zu klassificiren und zu bestimmen hat; ein gewisser Grad von Gewandtheit in dieser Bestimmung der Felsarten ist für jeden, der sich mit geologischen Aufgaben zu befassen hat, unentbehrlich. Für die Erkenntniss der einzelnen Mineralkörper, die oft nicht ganz leicht ist, sind zunächst die Krystallformen von Wichtigkeit, und ihnen reiht sich das krystalloptische Verhalten an, welches besonders unter dem Mikroskope sich kund giebt, sowie die Spaltbarkeit, welche mitunter einen Anhaltspunkt zur Bestimmung bietet. An dieselbe reiht sich der Bruch, d. h. die Art und Weise, in welcher sich abgesehen von den Spaltrichtungen eine Trennung zu vollziehen pflegt; derselbe ist glatt, erdig, splitterig, uneben, eben, muschlig u. s. w. Ferner kommen Glanz, Farbe, Durchsichtigkeit, metallisches oder nichtmetallisches Aeussere, kurz die äusseren optischen Eigenschaften in Betracht, auch das Schillern und Irisiren, ferner das Wechseln der Farbe nach bestimmten Richtungen (Pleochroïsmus), in besonders hohem Grade aber die Härte, welche nach der bekannten Härteskala von Mohs durch ganz einfaches Probiren bestimmt wird. Man vergleicht durch gegenseitiges Ritzen das zu untersuchende Mineral mit denen der Skala (Talk vom Härtegrade 1, Gyps vom Grade 2, Kalkspath 3, Flussspath 4, Apatit

oder Phosphorit 5, Feldspath 6, Quarz 7, Topas 8, Korund, z. B. edler Rubin, 9 und Diamant 10), stellt sie neben eines derselben oder zwischen zwei und unterscheidet in letzterem Falle auch noch, ob die Härte ungefähr in der Mitte zwischen 2 Graden der Skala liegt oder einem derselben näher; danach bestimmt man die Härte entweder mit Zufügung des Bruches $^1/_2$ oder 0,5 oder mit Zufügung der Brüche $^1/_4$ und $^3/_4$; wenn aber zugleich, wie dies nicht selten der Fall, ein gewisses Schwanken stattfindet, so zieht man statt letzterer Bezeichnung die der nächstliegenden Grenzen vor. So wird z. B. für den gemeinen Chlorit die Härte 1 bis $1^1/_2$, für den (dunklen) Magnesiaglimmer $2^1/_2$ bis 3 angegeben; manchmal sind aber auch die Grenzen noch weiter zu stecken, z. B. für den gemeinen Kaliglimmer auf 2 bis 3 und dergl. mehr. Die einzige Regel bei dieser Ermittelung ist: jedes Mineral ist härter, als das, welches von ihm geritzt wird, und weicher, als das, von welchem es selbst geritzt wird. Die einzige Vorsichtsmaassregel aber besteht darin, dass man das Mineral an verschiedenen Stellen probirt, indem Flächen meist eine geringere Härte haben, als Kanten und Ecken. Dieser Umstand, der technisch deshalb von Wichtigkeit ist, weil er das Poliren einer Substanz durch sich selbst, z. B. von Diamant durch Diamant, ermöglicht, hat auch geologisch insofern Bedeutung, als er das gegenseitige Abnutzen von Stücken gleicher Mineralart an einander erklärt, namentlich das Abschleifen der Quarzkörner in einem Gemenge, das keine oder doch so gut wie gar keine härteren Körper als Quarz in sich hat. Er tritt bei manchen Körpern stärker, als bei andern, zu Tage; so ist die Härte beim Gyps an verschiedenen Stellen und theilweise nach verschiedenen Richtungen verschieden, so dass sie nach den Angaben mancher Mineralogen von der angegebenen Normalhärte (2) bis zu einem halben Grade abweichen kann. — Weniger gut verwendbar ist das specifische Gewicht der einzelnen Mineralien, da man zu dessen Bestimmung aus gemengten Gesteinen im Allgemeinen nicht genügende Mengen von hinreichender Reinheit herstellen kann; dagegen ist dasselbe für einfache, im Wesentlichen aus einem Mineral bestehende Felsarten von Nutzen. In einzelnen Fällen geben die physiologischen Kennzeichen, z. B. der Geruch des Thones, der des Schwefeleisens beim Schlagen, das fettige Gefühl des Talkes und Graphites, das rauhe oder magere der Kreide, das Kleben an der Zunge bei manchen Thonen in trocknem Zustande und bei manchen Varietäten des Opals, werthvolle Anhaltspunkte. In vorragendem Grade aber sind es noch die chemischen Eigenschaften, welche zur Bestimmung von Mineralien — oft mit grosser Leichtigkeit, oft mit Hülfe complicirterer Vorrichtungen — dienen können; so ist eines der allerwichtigsten und zugleich am leichtesten zu ermittelnden Kennzeichen von Mineralien das Brausen beim Befeuchten mit Säuren oder das Ausbleiben dieser Reaction, indem hierdurch sofort die Kohlen-

säureverbindungen von den übrigen Mineralien gesondert werden können. In vielen Fällen ist es von Nutzen, das Mineral in Pulverform der Einwirkung der Reagentien auszusetzen und vor und nach derselben unter dem Mikroskope zu beobachten. Durch ein derartiges Verfahren ist z. B. das Magneteisen vom Titaneisen zu unterscheiden, indem jenes leicht, dieses sehr schwer von Salzsäure angegriffen wird. In anderen Fällen (z. B. behufs Unterscheidung der Kohlensäureverbindungen) ist es nicht unzweckmässig, den Vorgang selbst zu beobachten, erforderlichen Falls unter dem Mikroskope.

Nach allen diesen Eigenschaften hat man praktische Anleitungen zum Bestimmen der Mineralien, meist in Tabellenform, zusammengestellt, unter ihnen die von Kobell[1]), welche besonders die chemische Untersuchung betont; sonstige Tabellen zum Bestimmen sind von Fuchs[2]), Weisbach[3]) u. A. verfasst. Die mikroskopische Beobachtung der Mineralien behandelt Rosenbusch[4]), der diesem Werke neuerdings auch die der Gesteine (zunächst der massigen) hat folgen lassen, sowie (in Verbindung mit der Mikroskopie der Gesteine) Zirkel[5]). Eine gute analytische Zusammenstellung nebst ausführlicher Beschreibung liefert für Mineralien und Gesteine Senft[6]). Die eigentliche chemische Analysis (wie z. B. nach Fresenius[7]) und etwa noch Löthrohrtabellen, wie die von Hirschwald[8]) sind jedoch daneben mindestens erwünscht, und ebenso die ausführliche Zusammenstellung sämmtlicher wichtigen mineralchemischen Resultate, welche wir Rammelsberg[9]) verdanken. Als das beste der ausführlicheren Lehrbücher der Mineralogie muss das von Naumann-Zirkel gelten[10]). Hiermit sind unbedingt literarische Hülfsmittel in genügendem Maasse vorhanden, und für die meisten praktischen Zwecke möchte selbst eine kleinere Auswahl aus der Reihe derselben genügen.

---

1) Tafeln zur Bestimmung der Mineralien, München 1878 (12. Aufl.).
2) Anleitung zum Bestimmen der Mineralien, Giessen 1875 (2. Aufl.).
3) Leipzig 1866.
4) Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigsten Mineralien, Stuttgart 1873.
5) Mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, Leipzig 1873.
6) Synopsis der Mineralogie und Geologie, noch im Erscheinen.
7) Anleitung zur qualitativen Analyse, 1874 (14. Aufl.).
8) Löthrohrtabellen, 1875.
9) Handbuch der Mineralchemie, Leipzig 1875 (2. Aufl.).
10) Naumann, Elemente der Mineralogie, 10. Aufl., neu bearbeitet von Zirkel, Leipzig 1877. (Unbedingt in erster Instanz allein zu empfehlen und hinsichtlich der Vollständigkeit nur von den grösseren ausländischen Publikationen, Des Cloizeaux, Manuel de Mineralogie, seit 1862, noch unvollständig, und Dana, System of Mineralogy 5. Aufl. 1868 mit Nachträgen, übertroffen.)

Für den hier verfolgten Zweck dürfte es gerathen sein, zunächst nur die häufigsten und wichtigsten der felsbildenden Mineralien zu besprechen, für diese aber möglichst praktische Winke hinsichtlich ihrer Erkennung auf dem leichtesten Wege und zugleich über ihre Bedeutung für die Gesteinslehre zu geben. Folgen wir dabei der jetzt ziemlich allgemein (seit der 10. Auflage auch im Naumann'schen Lehrbuche) befolgten Eintheilung nach mineralchemischen Principien, so haben wir zunächst von einfachen Körpern, da die gediegenen Metalle zwar hie und da (als Goldsand, Platinsand) grössere Theile der Erdfläche bedecken, doch selbst in diesen Fällen auf bestimmte engere Bezirke, oft sogar auf bestimmte Theile der Spaltenausfüllungen (Gänge) beschränkt sind, da aber auch der Schwefel trotz seiner ziemlich grossen Verbreitung — namentlich in manchen Gypslagern — nicht eigentlich Gesteinsgemengtheil wird, nur den Kohlenstoff in einer der Formen, unter denen er im Mineralreiche auftritt, zu erwähnen, nämlich als Graphit. Dies Mineral (dem der für einige Industriezweige wichtige, aber als Gesteinsgemengtheil keine erhebliche Rolle spielende Diamant als andere oder dimorphe Gestalt desselben Kohlenstoffs sehr scharf gegenüber tritt) ist krystallisirt, aber in ganz verschiedener Gestalt vom Diamant, meist in Blättchen, deren Krystallform schlecht zu beobachten ist und welche zu dichten Massen zusammengefügt sind. Das fast ausschliessliche Auftreten der oft sehr kleinen, ja mikroskopischen Blättchen rührt daher, dass die Krystalle, welche nach neueren Untersuchungen dem einfach schiefen (monoklinen) Krystallsysteme angehören, aber fast genau die Winkel des sechsseitigen Systems (regulären Sechsseits) auf den Flächen der Blättchen zeigen, in der Richtung derselben höchst vollkommen spaltbar sind. Dies Verhalten nicht nur, sondern auch die Biegsamkeit der dünnen Spaltstückchen ist ganz ähnlich wie bei den unten zu erwähnenden Glimmern. Die Härte ist sehr gering, noch unter der des Talkes ($^1/_2$ bis 1), dabei ist der Graphit ebenso wie der Talk fettig anzufühlen. Das spezifische Gewicht ist wegen verschiedenen Beimengungen (von Eisen, Kalk und dergl.) sehr verschieden, meist zwischen 1,9 und 2,25, die Farbe eisenschwarz, der Glanz und das Aussehen metallisch (daher auch der Graphit undurchsichtig); bekannt ist das Abfärben, das die technische Verwerthung grossentheils bedingt. Die Unlöslichkeit und schwere Verbrennlichkeit (letztere besonders auffallend im Gegensatze zur Kohle und eine zweite wichtige Verwendungsart, zu feuerfesten Geschirren, Tiegeln und dergl., bedingend), auch das nur schwache Verpuffen mit Salpeter charakterisiren in Verbindung mit dem Aussehen, der Weichheit u. s. w. den Graphit zur Genüge, dem man häufig einen ähnlichen Ursprung, wie den Mineralkohlen (vergl. u.) aus organischen (besonders pflanzlichen) Stoffen zuschreibt, und der in den ältesten krystallinischen Gebirgen (wie z. B. bei Wunsiedel und Passau,

auch in England, Finland, auf Ceylon, in Sibirien, Nordamerika) theils Knollen, theils ganze Lager bildet und mitunter auch als Bestandtheil gemengter und geschichteter krystallinischer Gesteine (Gneiss, Glimmerschiefer, in denen er den Glimmer oft vollständig ersetzt und dann den Graphitschiefer bildet) vorkommt, während er im Granit verhältnissmässig selten auftritt[1]).

Da die oben angeführten Schwefelmetalle, selbst die sehr verbreiteten beiden Formen des Schwefeleisens (Doppelschwefeleisens, FeS_2), der Schwefelkies oder Pyrit und der abweichend krystallisirte, auch leichter oxydirende, sonst gleich zusammengesetzte, auch ganz ähnlich sich verhaltende Markasit wirklich gebirgsbildend nicht auftreten, so hat die Classe der Oxyde zu folgen, aus welcher mehrere sehr wichtige Körper und einer von allerhöchster Bedeutung anzuführen sind, auch wenn wir von dem Wasser und Eise abstrahiren, dessen Eigenschaften wohl als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Die Einzelfälle, in denen sie für die angewandte Geologie wichtig werden, finden aber besser unten Berücksichtigung. Auch gilt für die Kohlensäure (falls man nicht die Gase ausschliesst) das Nämliche. Jener wichtige Stoff aber ist die Kieselsäure, SiO_2, also Kieselsäureanhydrid oder Kieselbioxyd, welche in zweierlei Gestalt, als sechsseitig krystallisirter Quarz und als amorpher Opal zu erwähnen ist und vorzüglich als Quarz eine Bedeutung für die Gesteinslehre erlangt, wie sie nur sehr wenige Mineralien neben demselben beanspruchen können.

Der Quarz ist die einzige für die Petrographie wichtige krystallisirte Art der Kieselsäure, von den übrigen (wenn auch von der einen, dem in Massengesteinen gelegentlich auftretenden Tridymit nicht durch das Krystallsystem) durch die Krystallform nebst den damit zusammenhängenden besonderen Eigenschaften der Lichtbrechung, durch grössere Härte und ganz besonders auch durch das verhältnissmässig hohe spezifische Gewicht unterschieden. Die Krystallform ist hexagonal oder sechsseitig, so dass sechsseitige Pyramiden und Säulen vorwalten; doch zeigen einzelne immer nur kleine und in den grösser krystallisirten Varietäten auftretende Flächen, dass die Bildung der Krystalle, wenn auch die regelmässige (vollflächige) Form des sechsseitigen Systems vorwiegt, nach dem Gesetze einer eigenthümlichen Theilflächigkeit (Viertelflächigkeit) vor sich gegangen ist, der der Quarz auch die Eigenschaft verdankt, dass bei ihm eine Circularpolarisation des Lichtes stattfindet, bald nach rechts, bald nach links, je nachdem

---

1) Die atmosphärische Luft wäre, wenn man die Gase aus dem Reiche der Mineralien nicht ausschliessen will, an dieser Stelle anzureihen; doch möchte eine Aufzählung ihrer Eigenschaften hier kaum nöthig sein.

die — in Folge der Theilflächigkeit stattfindende — Drehung des Krystalles um die Längsaxe seiner Pyramiden und Säulen nach rechts oder links gerichtet ist. An den Pyramiden sind übrigens — auch in Folge des Gesetzes der Theilflächigkeit — manchmal die einzelnen Flächen abwechselnd grösser und kleiner ausgebildet, und nicht selten kommt auch noch eine regelwidrige Vergrösserung einer der Flächen vor (so z. B. bei dem sonst recht schönen Bergkrystallen der Westalpen, von Oisans u. s. w.). Die Säulenflächen sind bei grösseren Krystallen quer gestreift; dasselbe gilt von den sehr länglichen Pyramidenflächen, welche an manchen Orten der krystallisirte Quarz zeigt. Der Quarz hat meist nur sehr unvollkommene Spaltung nach der Hälfte der Pyramidenflächen, noch schwächer nach den Säulenflächen; die Bruchflächen sind meist schön muschelig, selten etwas splittrig. Die Härte ist stets 7, das spezifische Gewicht im reinen Zustande 2,65 bis 2,66 und stets zwischen 2,5 und 2,8. Farbe und Durchsichtigkeit wechseln sehr; der Glanz ist bei den Krystallen immer ein sehr lebhafter Glasglanz; die Brechungsfähigkeit ist bedeutend, so dass der Quarz im Schliff schon ein starkes Farbenspiel zeigt, das etwas stärker als Glas, und dass bei Anwendung von Polarisationsvorrichtungen unter dem Mikroskope eine sehr lebhafte Farbenwandlung eintritt. Die (positive) Doppelbrechung ist dagegen nicht sehr stark. Die Varietäten sind äusserst zahlreich; zunächst sind die krystallisirten Abarten hervorzuheben, der wasserhelle Bergkrystall, der bräunliche Rauchtopas, der gelbe Citrin, der in stänglige Massen übergehende, meist aus vielen verwachsenen Krystallen mit freien Enden gebildete, rothblaue Amethyst, der oft zersplitterte und in seinen Bruchstücken gerollte gemeine Quarz von unvollkommener Durchsichtigkeit — je nach der Farbe als Rosenquarz, Milchquarz, nach Beimischungen mit Eisenoxyd oder Eisenoxydul als rother oder gelber Eisenkiesel, nach Beimengungen von Bitumen als Stinkquarz, nach solchen von Glimmerblättchen oder Schüppchen von Eisenoxyd, meist verbunden mit dem Auftreten von Rissen, welche die Trübung vermehren, als Avanturin bezeichnet. Hierher würde auch das Katzenauge gehören, das einen eigenthümlichen Lichtschiller feinen eingestreuten Amiantfäserchen verdankt, an deren Stelle allerdings manchmal Quarzmasse getreten ist, welche aber die Form jener Fäserchen angenommen hat (also Afterkrystalle oder Pseudomorphosen nach ihnen bildet). Diesen Abarten gegenüber, unter denen der gemeine Quarz gradezu als das häufigste Mineral bezeichnet werden kann, treten die völlig dichten, nur matt glänzenden, zu welchen z. B. die Kieselschiefer gehören. Die ganz schwarzen, von Quarzadern freien und nur undeutlich geschieferten Kieselschiefer, welche man zur Prüfung der Metalle verwendet, nennt man Probirstein, Lydit, auch wohl edlen Kieselschiefer. Ihnen reiht sich der (wahre) Jaspis, meist schichtweis durch Eisenverbindungen und dergl.

verschieden (röthlich, grünlich, bräunlich) gefärbt, und der Hornstein an, theils grosse Massen, theils kleinere Ausscheidungen liefernd, zu welchen letzteren auch das Versteinerungsmittel verkieselter Hölzer gehört. Gleich den krystallisirten Abarten, welche gar nicht selten — sowohl in grösserem Maassstabe in den Bergkrystallen, als in kleineren mikroskopischen, in den gemeinen Quarzen des Granites u. s. w. — ihren Ursprung durch eingeschlossene Hohlräume mit Flüssigkeiten verrathen, in denen öfter Gas (Kohlensäure) mit der tropfbaren Flüssigkeit zusammen vorkommt und sie dem Auge deutlich macht, sind auch die dichten Abarten des Quarzes Bildungen auf nassem Wege, und ebenso die noch zu erwähnende dritte Reihe von Abarten, die nicht nur völlig dicht sind, sondern auch als innige Gemenge von Quarz und amorpher Kieselsäure (von Opal) angesehen werden, der Chalcedon mit seinen zahlreichen Unterabtheilungen (bläulichem, durchscheinendem eigentlichem Chalcedon, rothem Carneol, dunkelgrünem und rothgefleckten Heliotrop, lagenweis verschieden gefärbtem Sardonyx, hellgrünem Chrysopras, mit schwarzen Manganverbindungen stellenweise und meist in Form von Aesten und Blättern durchsetzter Moosachat u. s. w.) und der Feuerstein (Flint), dessen Knollen von meist schmutziger, heller oder dunkler braungrauer Farbe nur ganz matt glänzen, oft Versteinerungen (Mooskorallen, mikroskopische Pflänzchen) einschliessen und nur in der Kreide, hier aber um so zahlreicher, gefunden werden. Die letztgenannten Varietäten sind es hauptsächlich, deren Gewicht vermöge der Beimengung von dem leichteren Opal unter 2,6 sinkt; aber auch durch ihr chemisches Verhalten geben sie sich als Gemenge zu erkennen. Der später seiner praktischen Wichtigkeit halber zu erwähnende Achat gehört nicht ausschliesslich in diese letzte Kategorie, ist vielmehr ein streifenweise wechselndes Gemenge von Chalcedon und Jaspis, dem häufig auch noch krystallisirte Lagen (Amethyst) zugegeben sind. Die Unterscheidung des Quarzes ist im Allgemeinen in allen Varietäten leicht durch die Härte (er ritzt Glas mit Leichtigkeit) verbunden mit der Unlöslichkeit in Säuren mit Ausnahme der Flusssäure und in Alkalien; denn auch heisse Kalilauge greift Quarzpulver nur wenig an, und erst bei Löthrohrhitze löst Soda den — sonst völlig unschmelzbaren — Quarz zu klarem Glase auf. Da die heisse Kalilauge den Opal angreift (fast gänzlich auflöst), so hat man damit ein Mittel nicht nur der Unterscheidung, sondern auch des Erkennens von Beimengungen.

Der Opal hat im Mittel die Härte 6, das Gewicht 2,1 (1,9 bis 2,3) und bekommt gelegentlich als Edelstein (edler Opal mit Farbenspiel in der milchig durchscheinenden Masse, auch andere Varietäten, wie Feueropal, Halbopal oder Holzopal, d. h. in Opal versteinertes Holz, gemeiner Opal) Verwendung; die Absätze von Kieselsäure aus heissen Quellen, die „Sinter“, erheischen jedoch wohl noch

ein grösseres Interesse, da bei ihnen die Entstehung des Opals auf wässerigem Wege evident nachweislich ist, welche ausserdem durch das für die chemische Zusammensetzung unwesentliche, in wechselndem, meist geringem Procentsatze ihnen anhaftende Wasser bestätigt wird. Der Opal ist danach durch Ausscheidung von Kieselgallert aus Silikaten und Erstarrung derselben auf wässerigem Wege gebildet, also im Wesentlichen sehr ähnlich wie Quarz, und es ist vielleicht nur die grössere Langsamkeit der Ausscheidung, welche hier die krystallische oder krystallinische Form veranlasst hat.

Von sonstigen oxydischen Mineralien sind die Mineralien der Zinnerzgruppe — ausser dem quadratisch krystallisirten Zinnerz selbst die Titansäureformen, welche mitunter Gesteinsgemengtheile werden, auch der aus Kiesel- und Zirkonsäure bestehende Zirkon — zu erwähnen; auch wohl einige der Manganerze, besonders der gemeine Braunstein (Pyrolusit, MnO_2) und der (wasserhaltige) Wad; jedoch sind wohl nur noch die Eisenerze von vorragender Bedeutung, Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat und Eisenoxyduloxyd. Das Eisenoxyd (Sesquioxyd oder Fe_2O_3 mit 70 Procenten Eisen und 30 Sauerstoff) bildet den Eisenglanz oder Glanzeisenstein, sechsseitig und zwar halbflächig, rhomboëdrisch, krystallisirend, ferner aber die dünnschuppischen Abarten Eisenglimmer und Eisenrahm und das faserige oder erdige Rotheisenerz (Hämatit, rothen Glaskopf, dichtes und okriges Rotheisenerz), von denen der Eisenglanz spröd, muschelig brechend, hart (Härte $5^1/_2$ bis $6^1/_2$), eisenschwarz, im Strich (Pulver) aber röthlichbraun, schwach magnetisch, das Rotheisenerz weicher (Härte 3 bis 5), auch leichter (etwa $4^3/_4$ statt $5^1/_4$), meist röthlichschwarz bis dunkelbraunroth ist. Unreine Rotheisensteine, mit Thon gemengt, treten in verschiedenen Formationen oft in mächtigen Lagern (Flötzen) auf und sind mitunter in derselben Weise rundkörnig (oolithisch oder rogensteinartig), wie viele Kalke, so dass die Entstehung jener Lager aus Umbildung von Kalkablagerungen, für welche auch sonst noch viele Thatsachen sprechen, auch hiernach wahrscheinlich wird. Die Mineralart Titaneisen, welche dem Eisenglanze in jeder Hinsicht nahesteht, in welcher aber ein nicht unbedeutender Theil des Eisens durch Titan ersetzt ist, kommt als mikroskopischer Gemengtheil mancher massigen Gesteine nicht ganz selten vor, hat aber sonst für die Gesteinslehre keine Bedeutung.

Desto grösser, ja selbst die des wasserfreien Eisenoxydes überflügelnd, ist die eines der Eisenoxydhydrate, des Brauneisensteines (Limonits). Nur ganz undeutlich und klein krystallinisch, in Massen, welche fein faserig gesondert sind und meist eine schalige Absonderung in einer auf der Faserung rechtwinkligen Richtung zeigen, oder auch in erdigen Abarten, kommt dieses Erz, von etwas geringerer Härte, als das vorige (5 bis $5^1/_2$), und erheblich leichter (Gewicht von $3^1/_2$

bis gegen 4), von stets bräunlicher (okergelber bis schwärzlichbrauner) Farbe, gewöhnlich durch Beimengungen von Kieselsäure, Phosphorsäure, Mangan und dergl. verunreinigt, besonders in den erdigen (okerigen) Abarten häufig vor, und namentlich sind Conglomerate oder lose Anhäufungen kleinerer oder grösserer rundlicher Stücke desselben, die Bohnerze, in sehr vielen Theilen der geschichteten Gebirge ausserordentlich verbreitet. Die Zusammensetzung des reinen, sich vom Oxyde nur durch den Wassergehalt und durch Abgabe von Wasser im Kolben bei Erhitzung (unter Rothwerden) unterscheidenden Brauneisensteins wird mittels der Formel $H_6Fe_4O_9$ angegeben, was 85,56 Procenten Eisenoxyd und 14,44 Wasser oder einem Eisengehalte von nahezu 60 Procenten entspricht.

Das Eisenoxyduloxyd, Magneteisenerz oder Magnetit, krystallisirt nach dem regulären System, kommt in guten Krystallen eingesprengt vor, auch in Körnern eingesprengt und lose (als Magneteisensand), ist spröd, von unebenem Bruche, von Härte $5^1/_2$ bis $6^1/_2$, Gewicht etwa 5, eisenschwarz, im Pulver (Strich) schwarz, undurchsichtig, metallglänzend, stark magnetisch (nicht selten polarisch). Der Gehalt an Eisen beträgt 72,41 auf 27,59 Sauerstoff beim reinen Erze; die Verunreinigungen pflegen weit unbeträchtlicher zu sein, als bei den vorigen Erzen und namentlich beim Eisenoxydhydrat. Jener Procentsatz entspricht der Formel Fe_3O_4 ($FeFe_2O_4$ oder nach alter Schreibweise $FeO + Fe_2O_3$, in Procenten etwa 69 Eisenoxyd und 31 Eisenoxydul), in welche Verbindung die vorigen Erze bei Erhitzung im Reductionsfeuer übergehen. In feuchter Luft dagegen geht das Magneteisen meist oberflächlich in Eisenoxydhydrat über. In Salzsäure ist es vollkommen löslich. Auch dieses Erz tritt abgesehen von dem häufigen Vorkommen in einzelnen Körnern und Krystallen und als mikroskopischer Gemengtheil vieler Gesteine (z. B. der Basalte) in grössern Lagern — oft in kolossalen Massen — sehr verbreitet, zumeist aber in den krystallinisch-schiefrigen Ablagerungen auf, so dass die Magneteisenerze besonders in den Ländern wichtig werden, wo solche Gebilde vorherrschen, in Skandinavien, am Ural, in manchen Distrikten Nordamerikas, Spaniens u. s. w.

Von den Salzbildersalzen ist keines an Wichtigkeit mit dem Steinsalze (Kochsalz, Seesalz, Chlornatrium oder $NaCl$ mit 60,69 Procenten Chlor und 39,31 Natrium) zu vergleichen, das regulär (würfelig) krystallisirt, würfelig spaltet, muschelig bricht, glasglänzend, nicht sehr spröd, nicht merklich härter als Gyps im Maximo, also von Härte 2 ist und das spezifische Gewicht 2,1 bis 2,2 besitzt. An sich farblos, kann es durch Beimengungen mannigfach gefärbt werden (röthlich durch eingestreute Eisenoxydkörnchen, blau oder grünlich, öfter grau durch organische Stoffe, auch sonst nicht selten grau, bräunlich oder sonst missfarbig). Im Kolben zerknistert es, doch ist diese

Erscheinung nicht auf das Abgeben von Krystallwasser, welches das Chlornatrium nicht besitzt, zurückzuführen. Dasselbe gehört zu den leichtest löslichen Mineralien; 1 Theil löst sich in 2,8 Wasser. Es bildet die Salzstöcke und Salzlager der Jetztwelt und der geologischen Vorwelt, von denen letztere in Deutschland eine grosse Rolle spielen, und ist in seinem Vorkommen mit anderen aus dem Seewasser ausgeschiedenen löslichen Mineralien verbunden, einerseits mit dem viel schwerer löslichen Kalksulfat, andrerseits mit den leichter löslichen, an feuchter Luft zerfliessenden Abraumsalzen, unter welchen das Chlorkaliummagnesium ($KCl + MgCl_2 + 6aq$) oder der Carnallit hervorgehoben zu werden verdient. Einige Schwefelsäuresalze (Kieserit und Bittersalz oder Magnesiumsulfate, Polyhalit oder Kalk-, Magnesium- und Kaliumsulfat) erlangen daneben in einigen Salzgebirgstöcken technische Bedeutung.

Abgesehen von diesen „salinen" Gesteinsbestandtheilen möchte der Flussspath oder Fluorit (gleich dem Steinsalz regulär krystallisirend, aber nach den Oktaëderflächen spaltend, aus Fluorcalcium, CaF_2, bestehend), ein häufig auftretendes und namentlich in Gängen eine Rolle spielendes Mineral, an sich farblos, glasglänzend, durchsichtig, aber fast immer lebhaft, nur sehr verschieden gefärbt, Repräsentant der Härte 4, vom specifischen Gewichte nahe an 3,2, zu erwähnen sein, unlöslich in Wasser, aber wie es scheint stets durch Zersetzung auf nassem Wege aus anderen Mineralien gebildet; daneben etwa noch der (zur Aluminiumbereitung und zur Herstellung von Natron benutzte) Kryolith, $Na_6Al_2F_{12}$, welcher in Grönland nicht ganz unbedeutende Lager im Gneissgebirge bildet.

Wichtiger sind mehrere unter den Sauerstoffsalzen, und unter ihnen zunächst eines der Carbonate, der kohlensaure Kalk, $CaCO_3$, in einer der beiden ihm eigenthümlichen Krystallformen, nämlich als der nach dem sechsseitigen Krystallsysteme gebildete Kalkspath oder Calcit. Die andere Form, in welcher der kohlensaure Kalk auftritt, und welche als Abscheidung aus heissem Wasser bekannt ist, krystallisirt, gleich den Kohlensäureverbindungen des Baryums, Strontiums und Bleies, nach einem anderen (dem rhombischen) Krystallsysteme, meist in graden Säulen, ist auch härter, als der Kalkspath, hat aber für die Gesteinslehre keine grosse Bedeutung. Desto grösser ist die des Kalkspathes, dessen nach dem rhomboëdrischen Halbflächigkeitsgesetze ausgebildeten Krystalle, theils Rhomboëder, theils langgezogene, von Dreiecken umgrenzte Körper, deren Mittelkanten denen der Rhomboëder gleich sind (Skalenoëder), theils sechsseitige Säulen äusserst mannigfaltig sind. Die grossen Krystalle zeigen starke negative Doppelbrechung, die besonders schön in den hellen Abarten (Doppelspath von Island) hervortritt, daher dieselben auch zu optischen Instrumenten (Polarisationsvorrichtungen, sogenannten Nicol'schen Prismen,

wie sie vielfach den Mikroskopen beigegeben werden) verwandt werden. Die Spaltbarkeit des auch dicht und in Pseudomorphosen häufigen Minerals nach den Flächen des Rhomboëders, also nach 3 mit stumpfen, aber gleichen Winkeln (von 105° 3′ bis 105° 18′) gegen einander geneigten Spaltrichtungen, ist sehr vollkommen, daher trotz der Sprödigkeit der muschelige Bruch verhältnissmässig selten auftritt; in der Härte repräsentirt der Kalkspath den Grad 3, sein Gewicht ist 2,6 bis 2,8 (auch etwas geringer als das des Aragonits). Ausserdem ist er glasglänzend, auf der Gradendfläche perlmutterglänzend, wasserhell bis sahneweiss oder auch grau, grünlich, gelblich, röthlich, zum Theil selbst dunkler braun oder schwärzlich gefärbt. Das chemische Verhalten (Brausen mit Säuren, in denen Kalkspath besonders leicht sich löst, Reaktion der Lösung auf Kalk, Brennen zu Aetzkalk, Leuchten desselben in der Hitze) ist ein sehr charakteristisches, so dass der Kalk zu den leichtest kenntlichen Mineralien gehört. Die Benutzung erstreckt sich auf viele Abarten des Kalkspathes, unter denen man zunächst die eigentlichen Kalkspathe, d. h. die frei krystallisirten, von den Kalken (Kalksteinen), d. h. den krystallinischen und dichten Abarten unterscheidet. Die krystallinischen oder körnigen Kalke, zu denen der reine, weisse, sogenannte zuckerkörnige Kalk oder der edle Marmor gehört, zu denen als besondere Abart aber auch der Faserkalk, mit stengeligen Theilchen, zu rechnen, stellen sich ferner den dichten Abarten entgegen, von denen die unreinen, die Mergel, sich wiederum absondern. Von jenen reineren „Kalksteinen" werden nach ihrer Struktur und allerhand Beimengungen noch die mit rundlichschaligen Abhandlungen in kleinem Maassstabe erscheinenden oolithischen Kalke (die Rogensteine), die porösen (die Tuffkalke, porösen Süsswasserkalke) und die Muschelkalke, letztere mit zahlreichen zwischengestreuten versteinerten Muschelschalresten und dergl., getrennt. Besonders führt man ferner die Kreide, ein mürbes Aggregat von Kalkstücken, welche zum Aufbau von kleinen Thierschalen gedient haben, und äusserst kleinen ganzen Thierschalen, untermischt mit Feuersteinen, ferner die Kreidemergel, Gemische solcher Kreide mit anderem Kalke oder Mergel; nicht recht motivirt aber scheint die Absonderung des Wiesenkalkes (des nicht porösen oder tuffartigen Süsswasserkalkes), da dieser wohl sehr fein vertheilter, keineswegs aber, wie man wohl angegeben findet, amorpher Kalk ist (was übrigens von der Kreide ebensowenig gesagt werden sollte).

Neben dem Kalkspath ist, gleich ihm Bestandtheil einer einfachen Felsart, der Dolomit wichtig, ein in den nämlichen Rhomboëdern, nur nicht in derselben Menge von Krystallgestalten neben denselben auftretendes, demnach mit dem Kalkspath gleichgeformtes (isomorphes) Mineral, das im Wesentlichen Calcium-Magnesium-Carbonat ist, $CaCO_3 + MgCO_3$, mit $54^1/_3$ Kalkcarbonat, $45^2/_3$ Magnesiumcarbonat, manch-

mal aber auch mehr Kalkcarbonat (bis zu $^2/_3$ des Ganzen) enthält und schliesslich in die dolomitischen Kalke (Kalke mit noch weniger Magnesiumcarbonat gemischt, bis zu wenigen Procenten des letzteren hinunter) übergeht. Dolomit ist härter ($3^1/_2$—$4^1/_2$), ein wenig schwerer (2,9) und schwerer in Säuren löslich als Kalk, daher er schwach braust und durch Essigsäure vom Kalke getrennt (befreit) werden kann. An sich farblos, nimmt auch der Dolomit verschiedene Färbungen an, besonders bräunliche, als sogenannter Braunspath, durch Eisenbeimengung.

Der Eisenspath, mit beiden vorigen gleich gestaltet, gelblichgrau bis bräunlich, von der Härte des Dolomites, aber schwerer (3,8), ist wieder leichter unter lebhaftem Brausen löslich, durch die Eisenreaktion vor dem Löthrohr und in der Lösung kenntlich und ein wichtiges Eisenerz, das in der Steinkohlenformation Englands (als Blackband) und Westfalens (als Kohleneisenstein), an beiden Stellen durch beigemengte Kohle schwärzlich gefärbt, ganze Schichten bildet. Er ist ferner das Hauptmaterial der Eisensteinknollen (Sphärosiderite).

Unter den Sulfaten verdient das wasserhaltige Kalksulfat, der Gyps, hervorgehoben zu werden, welcher monoklin krystallisirt in Tafeln, bei denen die in der schiefen Richtung verlaufende Endfläche (welche den Krystall in symmetrische Hälften theilt und danach auch Symmetrieebene heisst) vorwaltet. Meist findet man dicke Tafeln von der Form eines Rhomboïdes mit beiderseits (symmetrisch) abgeschrägten Kanten, und diese Tafeln spalten nach ihrer Breitenrichtung (der der schiefen Endfläche oder Symmetrieebene) höchst vollkommen. Jedoch kommen noch andere, schiefe Winkel mit einander bildende, minder vollkommene Spaltrichtungen vor. Auf jener vollkommensten Spaltfläche zeigt sich Perlmutterglanz, an den Seitenflächen Seidenglanz, sonst Glasglanz; die Krystalle sind meist wasserhell, wie der dichte und krystallinische Gyps oft weiss, aber auch gefärbt, z. B. fleischroth, gelblich, bräunlich, auch grau, selten grünlich oder bläulich. Repräsentant der Härte 2, zeigt (wie oben bemerkt) der Gyps auch Stellen von geringerer Härte; er ist mild, in dünnen Blättern biegsam, vom spezifischen Gewichte 2,2 bis 2,4, wird beim Erhitzen trüb und bläht sich auf, giebt mit Kohle im Reduktionsfeuer Schwefelcalcium (Kalkschwefelleber), löst sich in etwa 400 Theilen Wasser (380 bis 460) und giebt in der Lösung die Reactionen auf Kalk und auf Schwefelsäure. Die Benutzung des Gypses zu Ornamenten (namentlich feiner, weisser und transparenter Gyps oder Alabaster, auch Fasergyps, der oft einen besonderen Lichtschein hat), zum Brennen eines Mörtels und als Mineraldünger wird an den betreffenden Stellen zu besprechen sein. Insbesondere ist für das Gypsmörtelbrennen der Wassergehalt wichtig, der durch die Formel $2CaSO_4 + 4aq$ (entsprechend $32^1/_2$ Kalk, $46^1/_2$ Schwefelsäure, 21 Wasser) ausgedrückt

wird; von diesem Wassergehalte gehen $^3/_4$ schon bei ziemlich niederer Temperatur verloren, werden aber begierig wieder angezogen. Das Vorkommen ist in allen durch Krystallisation aus dem Seewasser entstandenen (salinen) Ablagerungen ein massenhaftes; doch ist das Auftreten der grösseren Massen unbedingt an diese Entstehungsweise gebunden, daher der Gyps auch sehr häufig mit dem Steinsalz zusammentritt.

Dasselbe gilt von dem wasserfreien Kalksulfate, dem Anhydrit oder $CaSO_4$ (58,8 Schwefelsäure auf 41,2 Kalk), welches zwar selten krystallisirt, meist in feinkörnigen, bis dichten Aggregaten vorkommt, von dem aber doch gezeigt ist, dass es in wesentlich verschiedenen (rhombischen, denen des Schwerspaths ähnlichen) Krystallen auftritt, wie es ja auch der Masse nach vom Gypse verschieden ist. Auch ist die Härte grösser (3 bis $3^1/_2$), ebenso das Gewicht (2,9). Die Löslichkeit, auch die übrigen Reactionen, theilt der Anhydrit mit letzteren, mit Ausnahme jedoch des Wasserverlustes beim Erhitzen und des begierigen Anziehens des Wassers; was das letztere betrifft, so verhält sich vielmehr der Anhydrit gleich dem lange und anhaltend erhitzten (todtgebrannten) Gypse, indem er nur sehr langsam das Wasser anzieht. In der freien Natur hat gleichwohl dies langsame Anziehen von Wasser mächtige Wirkungen; der atmosphärischen Feuchtigkeit und den Tagewassern ausgesetzte Anhydritfelsen haben sich in Gypsfelsen verwandelt, dabei selbstverständlich ihr Volumen vergrössert und andere Gebilde zur Seite geschoben — ein Verhalten, das früher oft die irrige Behauptung veranlasste, als sei der Gyps ein eruptives Gestein oder doch durch eruptive Dämpfe (Schwefeldämpfe) umgewandelt. In andern Fällen ist entweder der Gyps direkt als solcher abgesetzt, oder die Umwandlung ging unter Auslaugung anderer Stoffe (löslicher Salze) vor sich, so dass die Raumausdehnung ohne Störung der Schichtung vor sich gehen konnte. Der Grund, weshalb einmal Gyps, ein anderes Mal Anhydrit sich niederschlug, lag wohl ohne alle Frage in dem Fehlen oder Vorhandensein einer grösseren Menge von wasseranziehenden Salzen, welche zugleich in der Lösung (dem abdunstenden Seewasser) sich befanden. Daher denn auch die Salzwerke, namentlich die an Abraumsalzen reicheren, wie Stassfurth, ferner aber die des Salzkammergutes, von Sulz, Bex, Wieliczka, Hauptfundstätte des Anhydrits und des Anhydritfelsens sind. Neben diesen Kalksulfaten spielen der Schwerspath ($BaSO_4$ oder Baryumsulfat, von Härte $3—3^1/_2$, Gewicht 4,5), obgleich häufig in den Gängen, und der gelegentlich im Muschelkalk (z. B. bei Jena) und mit Gyps (Girgenti) auftretende Cölestin (Strontiumsulfat oder $SrSO_4$, ebenfalls von Härte $3—3^1/_2$, aber Gewicht nur 4) keine erhebliche Rolle.

Dagegen ist unter den Phosphaten (Phosphaten der dreibasischen Säure) wieder der A p a t i t namhaft zu machen, da er gewisse tech-

nisch wichtige Felsarten bildet und in Lagen im Schichtgebirge auftritt, nebenbei auch ein nicht unwichtiges Gemengtheil mancher massigen Gesteine ist, dessen grosse Verbreitung erst das Mikroskop kennen gelehrt hat. Die Krystallform des Apatits ist sechsseitig, meist in sechsseitigen Säulen, deren Kanten manchmal grade oder auch schräg (in Folge eines vom rhomboëdrischen abweichenden, als pyramidales bezeichneten Halbflächigkeitsgesetzes) abgestumpft sind, mit sechsseitigen Pyramiden, oft von mehrerlei Art, auch wohl zugleich durch Gradendflächen abgestutzt, wobei auch an diesen Pyramiden die oben erwähnte schräge Abstumpfung einzelner Kanten vorkommt. Die Krystalle sind oft sehr klein, säulenförmig, doch bei grösserem Umfange selten lang. Ausserdem kommt der Apatit in dichten oder auch faserigen Massen vor, welche man als Phosphorit zu bezeichnen pflegt, und dieser Phosphorit tritt vorwiegend in Knollen auf, die man nicht selten (wenn auch in der Mehrzahl der Fälle fälschlich) als Excremente vorweltlicher Thiere (Koprolithe) bezeichnet. Der Bruch des spröden Minerals ist muschelig bis splitterig, seine Härte 5, sein Gewicht 3, 2, seine Farbe sehr verschieden, hellgrünlich (Spargelstein), auch dunkelgrün (Moroxit), aber auch weisslich und wasserhell, der Glanz Glas- bis Fettglanz. Der Zusammensetzung nach unterscheidet man, da der Apatit neben dem Kalkphosphat stets einen kleinen Antheil eines anderen Salzes (meist Haloïdsalze) hat, besonders Chlorapatit, $3 Ca_3 P_2 O_8 + CaCl_2$, und Fluorapatit, $3 Ca_3 P_2 O_8 + CaF_2$; doch kommt auch eine Beimengung von (ca. 9 Prozent) Kalkcarbonat bei dem nassauischen Phosphorite von Staffel bei Limburg an der Lahn, beim sogenannten Staffelit, vor, der dort eine grosse Fläche bedeckt; ganz ähnlich verhält sich der Sombrerit von einer kleinen zu den nördlichen Antillen gehörigen Insel, der 75 bis 90 Prozent Kalkphosphat auf etwa 4 Kalkcarbonat und 8 Thon enthält. Endlich hat man das (seltenere) reine Kalkphosphat als Osteolith unterschieden. Der Verbreitung, welche für die Knollen des Phosphorits (ausser in Nassau besonders in Russland und England) eine sehr grosse ist, wird beim Besprechen der Mineraldungmittel noch gedacht werden.

Die Ordnung der Silikate liefert an und für sich wohl so viel wichtige gesteinsbildende Mineralien, wie alle bisherigen Ordnungen und Klassen zusammen, und unter ihnen befindet sich mindestens eine Mineralart von erster Wichtigkeit, welche sich wohl dem Quarze und Kalkspathe zunächst an die Seite stellen kann. Es ist dies der gemeine Thon, dessen enorme Bedeutung für den Haushalt der Natur darin liegt, dass er eines der Endzersetzungsprodukte aller thonerdehaltigen Silikate und Silikatgesteine ist. Die anscheinend so sehr haltbaren, harten, oft schwer zersetzbaren Silikate sind nämlich gegenüber den Reagentien, welche die Natur auf sie anzuwenden vermag, doch alle mehr oder weniger unbeständig, sie verwittern sämmtlich, nur in sehr ver-

schiedenen Graden. Es ist keiner Frage unterworfen, dass von den Säuren, welche in der Natur frei auftreten, die schwächste, die Kohlensäure, welche zugleich aber die verbreitetste ist, vollkommen stark genug ist, bei niederer Temperatur die Kieselsäure aus vielen ihrer Verbindungen auszutreiben und demnach aus der Zusammensetzung der Silicate gewisse Stoffe (Calcium, Magnesium, auch die Alkalimetalle) auszuscheiden und mit ihnen Carbonate zu bilden. Es bleibt dann das Aluminium, das sich nicht mit der Kohlensäure vereinigt, im Besitze eines Theiles der Kieselsäure zurück, aber immer nur unter Bildung von Doppelsalzen, deren letztes das mit dem Wasserstoff, der oben genannte Thon, $H_2Al_2Si_2O_8 + aq$, ist. Diese Zersetzungen werden noch sehr dadurch begünstigt, dass die Kieselsäure, welche in höherer Temperatur viel grössere Mengen von basischen Körpern zu sättigen vermag, in niederer Temperatur nur basische (halbsaure) Verbindungen oder Singulosilikate zu bilden geneigt ist, daher nach eingeleiteter Zersetzung einen Theil ihrer Basen frei lässt, wobei sie nicht selten als freie Kieselsäure (Kieselsäureanhydrid, Quarz und Opal) abgeschieden wird. Diese für die gewöhnliche Temperatur normalen Silikate (daher auch oft geradezu normale oder neutrale genannt, bei welcher Bezeichnung selbstverständlich die sonst neutral zu nennenden Silikate saure Doppelsilikate werden) haben folglich die Formel R_2SiO_4, wenn wir mit R ein basisches Radikal, wie Calcium, Magnesium bezeichnen, das also „zweiwerthig" ist. Die mit Aluminium gebildeten Doppelsalze, in welchen gewöhnlich einwerthige Radikale, Natrium, Kalium, Wasserstoff auftreten, und welche den Alaunen in der Art und Weise ihrer Zusammensetzung an die Seite treten, haben daher die Formel $K_2Al_2Si_2O_8$ oder $H_2Al_2Si_2O_8$, zu welcher letzteren für den Thon nur noch ein Aequivalent Hydratwasser tritt. Es ist ferner nicht fraglich, dass ein grosser Theil der Mineralien aus der Ordnung der Silikate nur durch Umbildung auf nassem Wege, so zu sagen als Zwischenstadien der mit der Bildung von Thon, Kieselsäure und Carbonaten endenden Zersetzung durch die Atmosphärilien (Verwitterungseinflüsse) entstanden sind; dies gilt z. B. unbedingt von Epidot, Glimmer, Chlorit, sowie von den Zeolithen. Bei letzteren zeigt sich nun auch, wie die Neigung zur Aufnahme von Wasser (zur Hydratbildung) ein ferneres, die Verwitterung begünstigendes Moment abgiebt; endlich aber gilt dies auch von der Oxydation wenigstens in allen Fällen, wo Eisen (nebst Stoffen, die es vertreten) theilweise oder ganz in Form von Oxydul vorhanden ist. Denn Silikate, die schwer zersetzlich scheinen, zerfallen in der Natur meist verhältnissmässig leicht, sobald das Eisen in ihnen einer höheren Oxydation (zu Eisenoxyd und analogen Salzen) fähig ist. Dagegen ist es bei der grossen Begierde, mit welcher Fluor und Silicium sich verbinden, nicht überraschend, dass ein Zusatz von Fluor im Allgemeinen die Silikate schwieriger zersetzbar macht.

Beschränken wir uns zunächst auf die oben characterisirten Halbsilikate (basische Silikate von der Formel R_2SiO_4 u. s. w., Singulosilikate genannt, weil bei ihnen die Sauerstoffantheile des Säureradikals denen des basischen Radikals gleich sind), so wäre unter ihnen zunächst der Thon, dessen Formel bereits gegeben, anzuführen; doch ist dieses weiche (Härte 1), nicht schwere (Gewicht 2,2), im reinen Zustande farblose, aus Schüppchen zusammengesetzte und als Typus für die pelitisch-amorphen Mineralien dienende, unschmelzbare, von den Säuren nur durch kochende Schwefelsäure (unter Ausscheidung löslicher Kieselgallert) erheblich angreifbare, in Kalilauge (zu einem löslichen Doppelsalze) sich zersetzende unlösliche, hygroskopische, mit Wasser formbare Mineral noch bei der Thonindustrie zu betrachten. Die vielen Abarten welche der Thon zeigt (reiner Thon oder Kaolin, Porzellanerde, gemeiner Thon, meist dunkelfarbig durch Beimengungen, ebenso die Walkerde), ferner die Mischungen desselben (der Lehm oder die meist durch gelben Eisenoker gefärbte Mischung von Thon mit Quarzsand, die Mergel oder Mischungen von Thon und Kalk u. s. w.) sind noch unter den Gesteinsarten zu erwähnen.

Neben dem Thone hat der Serpentin Platz zu finden, chemisch ganz ähnlich dem Thone, nur dass statt 2 Aequivalenten Aluminiums 3 Magnesium eintreten und demnach die Formel lautet $H_2Mg_3Si_2O_8 + aq$, eine Formel, welche sich gleich der des Thones dadurch vollkommen rechtfertigt, dass die eine Hälfte des Wassers beim Glühen viel früher entweicht, als die andere. Dieser Serpentin ist daher ebenfalls ein basisches halbfaches Silikat und von einem der anderen solchen Silikate, dem Olivin, Mg_2SiO_4, aus dessen Zersetzung er sehr häufig hervorgeht, ausser durch das Hydratwasser nur durch Ersetzung eines Theils (eines Viertels) der Magnesia durch Wasserstoff (H_2 für Mg) unterschieden. Gleich dem Thon ist überhaupt der Serpentin, der sich ausser aus Olivin auch aus manchen der neutralen Silikate, sowie aus manchen Glimmern bildet, nur als Zersetzungsprodukt anderer Silikate anzusehen, und zwar als ein ziemlich beständiges, das aber sich schliesslich durch Abscheidung von Kieselsäure und oft (unter Aluminiumaufnahme oder bei Gegenwart von Aluminium in den zu Serpentin zersetzten Mineralien, vermöge welcher gewöhnlich etwa ein, seltener ca. drei Prozent Thonerde in der Serpentinmasse sich befinden) von etwas Thon in Magnesiumcarbonat umsetzt, daher in Gegenwart von Kalk für die Dolomitbildung wichtig wird. Die Aggregate sind dicht oder undeutlich faserig, von Härte 3 bis 4, Gewicht 2,6, meist dunkelgrün, oft gefleckt, geadert, wenig glänzend und wenig durchscheinend. Im Kolben giebt der Serpentin Wasser ab und schwärzt sich, vor dem Löthrohr brennt er sich weiss und schmilzt nur schwer an den äussersten Kanten; Säuren lösen das Pulver. Auch giebt sich bei der fast stets stattfindenden und oft auf 8—13 Procent steigenden

Vertretung der Magnesia durch Eisenoxydul mehr oder weniger eine Eisenreaktion zu erkennen. Von Abarten wird der meist noch viel Olivin enthaltende, heller gefärbte, schwerere edle Serpentin vom gemeinen, unreineren, aber durchgängig hydratisirten unterschieden, welcher als Material grosser Felsmassen viel wichtiger ist, auch noch häufiger, wie z. B. bei Zöblitz in Sachsen, technische Verwendung zu Steingeschirren, Ofengestellen und dergl. findet. Ferner hat der schön schillernde, deutlich faserige, meist hellgrüne Chrysotil oder Serpentin-Asbest die Zusammensetzung des Serpentins und dürfte ihm zuzurechnen sein; er ist nur etwas leichter (2,4) und meist eisenärmer.

Der Olivin (Peridot) ist Hauptrepräsentant einer eigenen Gruppe von Silikaten, welche die einfache Formel R_2SiO_4 der Halbsilikate, ohne Wasserstoff und Anderthalboxyde, zeigen und sämmtlich in gleicher Weise, nach dem rhombischen (gradrhombischen) Systeme, krystallisirt sind. Die Krystalle des zumeist aus basischem Magnesiumsilikat, aber auch aus Eisensilikat bestehenden Olivins, kurz säulenförmig, finden sich in sehr vielen Massengesteinen und scheinen in ihnen ursprünglich durch Hitze gebildet zu sein; gewöhnlich sind sie nicht klein und fallen durch ihre lebhaften, meist hellgrünen Farben, sowie durch starke Farbenänderung beim Drehen der Polarisationsinstrumente auf. Sehr häufig zeigen sie eine beginnende Verwitterung (Serpentinisirung) an Flächen und auf Spalten. Die aufrechten Säulen spalten ihrer Längsaxe und der kürzeren Halbirungsfläche nach; der Bruch ist muschelig, die Härte $6^1/_2$ bis 7, das Gewicht $3^1/_4$ bis $3^1/_2$; schöne und durchsichtige grössere Stücke werden als Edelsteine (Chrysolith, von eigenthümlich goldgrüner Farbe) benutzt. Der Olivin ist nur dann schmelzbar, wenn namhaftere Procentsätze der Magnesia durch Eisenoxydul vorhanden sind; dies kann nämlich bis zu (stöchiometrisch) einem Drittheil oder bis zu fast 30 Procent Eisenoxydulgehalt auf 32 Magnesia und 28 Kieselsäure steigen, während die meisten Varietäten nur 7 bis 12, im Mittel 10 Prozente Eisenoxydul auf etwa 50 Magnesia und 40 Kieselsäure besitzen. Ebenso werden die eisenreichen Abarten durch Säuren (Salzsäure etc.) leichter zersetzt. Die fast ganz eisenfreien Abarten (besonders vom Vesuv) hat man als Forsterit etc. vom Olivin abgetrennt. Neben dem Olivin machen namentlich das entsprechende Eisensilikat, der vielbestrittene Fayalit und die Frischofenschlacke, der Tephroït aus Nordamerika, oder das entsprechende Mangansilikat und der halb aus Kalk-, halb aus Magnesiumsilikat ($Ca_2SiO_4 + Mg_2SiO_4$) bestehende Monticellit oder Batrachit die natürliche Gruppe dieses Minerals aus, dessen Wichtigkeit, wie bemerkt, hauptsächlich in seiner Bedeutung als Gesteinsgemengtheil liegt, indem man in vielen Fällen olivinfreie und olivinführende Massengesteine (vergl. unten) zu unterscheiden hat. Selbstverständlich tritt der Serpentin, als Zersetzungsprodukt des Olivins, dabei häufig an dessen Stelle.

Viele Schwierigkeiten für die Untersuchung fast in jeder Richtung macht eine grosse Gruppe von Silikaten, welche hier zunächst anzureihen ist, die der Glimmer und der Chlorite oder die Glimmergruppe im weiteren Sinne. Diese Gruppe besteht aus Silikaten wesentlich von Thonerde und Kalk oder Natron, zuweilen auch Lithion, neben welche aber in einzelnen Fällen Magnesia und Eisenoxydul tritt. Nur wenige Arten haben Kalk oder Baryt, allein sehr oft findet sich ein Gehalt von Wasser, das erst in der Glühhitze entweicht und basischem Wasserstoffe zugeschrieben wird; auch kommt Fluor vor. Die Krystallform anlangend, haben sich in neuester Zeit[1]) die Glimmer sämmtlich als monoklin mit geringer Schiefe des Axenwinkels und geringer Abweichung der optischen Mittellinie von dem Lothe auf der basischen Endfläche — welche zugleich ganz allgemein die Fläche der höchst vollkommenen Spaltbarkeit, der vollkommensten des ganzen Mineralreiches, ist — und mit Gestalten, welche an die sechsseitigen erinnern, herausgestellt. Die sehr schlanken Pyramiden stehen nämlich stets auf einer nahezu regelmässig sechsseitigen Figur der Basis, die aber doch durch die verschiedene Ausbildung zweier Seiten sich als nicht wirklich sechsseitig herausgestellt; und wenn die beiden optischen Axen auch oft nahe neben einander fallen, so ist dies doch nicht völlig der Fall, und die schiefe Neigung ihrer Mittellinie bestätigt das von Tschermak ausgesprochene Gesetz. Anders freilich ist es in der Nebengruppe der Chlorite, indem hier eines Theils eine grössere Axenschiefe (beim Klinochlor) sich zeigt, anderen Theils aber (beim eigentlichen Chlorit und Pennin) eine wirklich sechsseitige Gestalt der Krystalle und das Vorhandensein nur einer, lothrecht auf der basischen Endfläche stehenden optischen Axe bis jetzt nicht hat in Abrede gestellt werden können. Im Uebrigen sind die Eigenschaften der Glimmer sehr übereinstimmend; sie sind ziemlich weich, von Härte 2 bis 3 (beim Kalkglimmer und Pyrosmalith etwas grösser, bei den Chloriten manchmal ein wenig geringer), in dünnen Blättchen, welche nach der basischen Endfläche sich leicht trennen, biegsam und theilweis (die eigentlichen Glimmer) elastisch, farblos bis dunkel (röthlich, braun oder grünlich, letztere Farbe bei den Chloriten vorherrschend) gefärbt, durchsichtig, metallartig perlmutterglänzend, auch im chemischen Verhalten ähnlich, indem die meisten in der Hitze Wasser abgeben, alle mehr oder weniger leicht zu trübem Glase schmelzen, von Säuren nicht oder doch erst nach dem Schmelzen angegriffen werden; sehr wenig schmelzbar ist nur der Kalkglimmer und die Gesammtheit der Chlorite. In der chemischen Zusammensetzung herrscht dagegen eine grosse Mannigfaltigkeit, und so vieles auch dafür spricht, kann man doch kaum mit absoluter Bestimmtheit

1) Durch die Untersuchungen Tschermak's.

sämmtliche Glieder der Glimmergruppe für Halbsilikate erklären. Der sehr häufige, meist helle Kaliglimmer oder Muskowit, zu welchen der etwas eisenoxydulhaltige, wesentlich übereinstimmende Damourit und der mit etwas Eisenoxydul- und Magnesiasilikat gemischte, nicht elastische, grünlich gefärbte, sonst aber auch übereinstimmende Sericit zu rechnen, hat allerdings meist die Zusammensetzung $K_2Al_2Si_2O_8$, also die der richtigen Halbsilikate, ebenso der Paragonit oder Natronglimmer, welcher einen nicht unbeträchtlichen Theil des alpinen Glimmerschiefer bildet, die Formel $Na_2Al_2Si_2O_8$, wobei ein Theil des Natriums, wie oben des Kaliums, durch Wasserstoff ersetzt zu sein pflegt; allein manche Muskowite und die Mehrzahl der Lithionglimmer (Lepidolithe, von Zinnwald in Sachsen, England, Amerika u. s. w.) haben eine grössere Menge Kieselsäure, als diese Formel erheischt, und dies scheint die Ansicht zu bestätigen, dass die Glimmer im Allgemeinen Zersetzungsprodukte anderer (kieselsäurereicherer) Silikate sind, die manchmal nur schrittweise in sie übergehen. Die Magnesiaglimmer (Biotite, Phlogopite), welche man bis ganz vor Kurzem für sechsseitig krystallisirt (optisch einaxig) hielt, sind im Allgemeinen wieder aus den Formeln der Halbsilikate $K_2Al_2Si_2O_8$ und Mg_2SiO_4, in denen jedoch das Kalium durch Natrium und Wasserstoff, das Magnesium durch Eisen theilweise vertreten zu sein pflegt, in verschiedener Weise gemischt, oft stöchiometrisch zu gleichen Theilen, aber manchmal mit Ueberwiegen des einen oder anderen, namentlich des ersteren Theils. Nur selten sind hier grössere Antheile der Kieselsäure vorhanden. Die Barytglimmer lassen sich als Kaliglimmer, $K_2Al_2Si_2O_8$, ansehen, bei denen ein Theil des Kaliums durch Baryum vertreten wird; die Kalkglimmer (Perlglimmer oder Margarite) dagegen sind kieselsäureärmer, was vermuthlich auf die Bildung von Aluminaten (d. h. Verbindungen, in denen das Aluminiumoxyd nicht durchweg die Rolle einer Basis spielt, sondern mit Kalk, Magnesia sich zu einer Art von Sauerstoffsalzen vereint) zurückzuführen ist. Solch Aluminat stellt in einfachster, der der Halbsilikate entsprechender Form der Edelstein Spinell, $MgAl_2O_4$, dar, dem der Magneteisenstein vollkommen analog erscheint, wenn man an Stelle der Magnesia Eisenoxydul, an Stelle des Aluminiumoxydes Eisenoxyd setzt; sie scheinen sich in sehr vielen Fällen neben die eigentlichen Silikate gleichwerthig zu stellen, so dass sie sich sogar mit diesen mischen können. Im Kalkglimmer, dessen Zusammensetzung durch die Formel $Na_2CaAl_4Si_2O_{12}$ ausgedrückt wird, wäre danach eine Mischung von $Na_2Al_2Si_2O_8$ und $CaAl_2O_4$ anzunehmen, wobei wiederum ein Theil des Natriums durch Wasserstoff, auch durch Kalium, vertreten sein kann. — Für die Chlorite, die im Allgemeinen reich an Magnesia und Eisenoxydul, arm an Alkalien und wasserführend und unter sich in ihrer Zusammensetzung gleich sind, gelten Formeln wie $H_8Mg_5Al_2Si_3O_{18}$, welche,

wenn man die Hälfte des — in der Hitze langsam und allmählig entweichenden — Wassers als basisch ansieht, in ähnlicher Weise als $MgAl_2O_4 + H_4Mg_4Si_3O_{12} + 2aq$ angesehen werden kann. Auf dieselbe Weise lassen sich auch andere Chlorit- (Rhipidolith-) Formeln erklären, z. B. die öfter vorkommende $H_{22}Mg_{10}Al_6Si_6O_{42}$ als $Mg_3Al_6O_{12} + H_{10}Mg_7Si_6O_{24} + 6aq$ u. dergl. m. Die Chlorite sind, wie ihr noch stärkerer und constanterer Gehalt an basischem Wasserstoff (nebst dem Hydratwasser) erklärlich macht, noch stärker zersetzte Mineralien, als die echten Glimmer, daher in zersetzten Gesteinen, sogar in Thongesteinen, häufig, auch in Schiefergesteinen neben den Glimmern; nicht selten scheinen selbst Magnesiaglimmer sich erst noch in Chlorite umzuwandeln. Das Vorkommen der ganzen Gruppe ist ein äusserst verbreitetes und für die ganze Abtheilung der krystallinischen Schichtgesteine, sowie für viele Massengesteine von grosser Bedeutung. In manchen Fällen geben die Glimmer ein Mittel zur Bestimmung und Eintheilung der letzteren, und die — oft eingerissenen, hellen oder dunklen — Glimmerblättchen zeigen theils geringe oder gar keine Aenderung der Farbe beim Drehen der Nicols (besonders Magnesiaglimmer), theils starke (die lichten Kaliglimmer, aber auch manche der dunklen, nur fälschlich als Biotit bezeichneten Glimmer).

Die eigenthümliche Gruppe von Halbsilikaten, welche zunächst zu besprechen ist, besteht aus einem sechsseitig (in Säulen und Pyramiden) krystallisirten Mineral, dem in einigen Gesteinen als wichtiger Gemengtheil auftretenden Nephelin (Eläolith) von der Härte 5,5 bis 6, dem Gewichte 2,6, theils weiss, meist trüb, theils grünlich, bläulich, grau oder bräunlich gefärbt, glasglänzend, vor dem Löthrohr leicht schmelzend, in Salpetersäure sich trübend, in Salzsäure unter Abscheidung von Kieselgallert zersetzt, von der Formel $Na_2Al_2Si_2O_8$ (wobei aber das Natrium zu einem gewissen Theile, meist zu $^1/_5$, durch Kalium ersetzt und mitunter die Menge vom Silicium ein wenig grösser ist), und einer abweichend, nach dem regulären System krystallisirenden Reihe von Mineralien, welche unter sich so grosse Uebereinstimmung zeigen, dass man sie mancherseits zu einer Art hat vereinigen wollen. Es sind dies der Sodalith, Nosean, Hauyn und Lasurstein, sämmtlich von Härte $5^1/_2$, Gewicht 2,2 bis 2,4, meist bläulich (mehr oder weniger intensiv) gefärbt, glas- bis fettglänzend, mehr oder weniger durchscheinend, im Verhalten dem Nephelin ganz ähnlich bis auf eine Eigenthümlichkeit, welche von der stets vorhandenen Beimengung anderer Salze zu dem Silikate $Na_2Al_2Si_2O_8$ abhängt. Diese Beimengung ist beim Sodalith Chlornatrium (Formel $3Na_2Al_2Si_2O_8 + 2NaCl$, so dass also $^1/_4$ des Natriums an Chlor gebunden ist) beim Nosean Natriumsulfat (Formel $3Na_2Al_2Si_2O_8 + Na_2SO_4$, also mit demselben Verhältniss der Salze), beim Hauyn ebenfalls Sulfat, jedoch ist hier öfter, als beim Nosean, ein kleiner Theil des Natriums durch

Kalium und ein etwas grösserer Theil durch Calcium vertreten und das Verhältniss der Salze ein anderes (Formel $3Na_2Al_2Si_2O_8 + CaSO_4$, wobei statt Ca selbstverständlich Na_2 eintreten kann), endlich beim Lasurstein, der meist dicht, undurchsichtiger und schön blau, nicht ganz homogen ist, findet sich sowohl Sulfat, als Sulfurid (Schwefelleber) des Natriums und Calciums, das letztere indessen vielleicht erst in Folge künstlicher Bereitung (Glühens), da es nicht constant ist und in der Menge wechselt; der Grund, wesshalb man dies Glühen vornahm, ist offenbar der, dass man die blaue Farbe des Schmucksteins, welche durch das Sulfurid veranlasst wird, hervorbringen wollte. Ausserdem enthält der Lasurstein (Lapis lazuli) eine etwas grössere Menge Kieselsäure, was verbunden mit seiner Ungleichmässigkeit die Aufstellung einer bestimmten Formel unthunlich macht; jedoch ist sein Zusammengehören mit den vorbenannten Mineralien wegen seiner Krystallform u. s. w. nicht zweifelhaft. Selbstverständlich mischen sich nun mit den sonstigen Reaktionen die der Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure und des Schwefelwasserstoffes beim Lösen und in der Lösung der Mineralien der Sodalithreihe. Für die Gesteinslehre sind dieselben nicht unwichtig, da sie in manchen Massengesteinen auftreten und in einzelnen derselben eine gewisse Rolle spielen.

Eine gewöhnlich zu den Halbsilikaten gestellte[1]), sehr gut umgrenzte Gruppe von Silikaten ist die der regulär krystallisirten, oft schön, besonders roth gefärbten und durchsichtigen, dann als Edelsteine geschätzten Granaten, deren Härte die des Quarzes etwas zu übertreffen, immer aber doch nahezu zu erreichen pflegt, deren Gewicht je nach dem Gehalte an Schwermetallen (besonders Eisen) bedeutend — von 3,4 bis 4,3 — wechselt und die sämmtlich nach Formeln wie $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ oder $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$, oder $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ (alle drei Formeln gelten für den edlen Granat), oder auch $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$, wenn Kalk, Eisenoxydul oder Manganoxydul an Stelle der Magnesia der ersten Formel treten, oder auch $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$, wenn Eisenoxyd an Stelle des Aluminiumoxydes tritt, auch $Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$, wenn dies mit Chromoxyd der Fall ist. Da der Granat, obwohl in manchen Massengesteinen auftretend und in vielen schiefrig-krystallinischen Gesteinen massenhaft verbreitet, doch kein Gesteinsgemengtheil von hervorragender Bedeutung ist, so möge die Bemerkung genügen, dass die Granaten leicht schmelzen und nach dem Schmelzen leicht, roh nur schwer von Säuren angegriffen werden. Dieser letztere Umstand erklärt es auch, wie Granaten mannigfachster Art und Grösse in Gneisse, Granulite, krystallinische Schiefer übergehen (eingebacken werden) konnten.

---

1) Bei der doch immer nothwendigen Zulassung von Albuminaten lässt sich der Granat aber auch anders auffassen.

Dem Granat reihen sich noch einige Gruppen in ihrer Zusammensetzung schwierig zu deutender Silikate an, von welchen zuvörderst die des Epidotes (Pistazites) nicht übergangen werden darf, da dieses monoklin (meist in querverlängerten, gestreiften, verschieden geformten und mit schiefen Flächen abgestutzten Säulen) kystallisirende, häufige, nicht selten durch Umwandlung (aus Hornblende, Augit, Granat, Feldspath) gebildete Mineral mitunter als wesentlicher Gesteinsgemengtheil auftritt. Es ist meist dunkel (vorwiegend grünlich) gefärbt, stark (glas- bis diamantartig) glänzend, spaltet der Länge nach, bricht meist splittrig, hat die Härte 6—7, das Gewicht 3,3 bis 3,5, schmilzt unter Aufblähen und wird gleich den Granaten geschmolzen meist leicht (unter Abscheidung von Kieselgallert), roh nur wenig angegriffen. Die chemische Zusammensetzung wird verschieden angegeben; nach Rammelsberg ist die Formel $H_2 Ca_4 Al_6 Si_6 O_{26}$, wobei das Aluminium zu einem bedeutenden Theile durch Eisen ersetzt zu sein pflegt; die Analysen, auf welche die wohl mit der der Granate zusammenzustellende Formel, deren Deutung indessen schwierig ist und deshalb hier nicht näher erörtert werden soll, sich stützt, ergaben 37 bis 39 Procente Kieselsäure, 19 bis 29 Thonerde, $7^1/_2$ bis $16^1/_2$ Eisenoxyd, wenig oder kein Eisenoxydul, 22—24 Kalke, wenig oder keine Magnesia und meist etwa 2 Procente Wasser. Der Epidot wird als Repräsentant einer Mineralgruppe angesehen, zu welcher der (früher mit Epidot zusammengeworfene) Zoïsit, von wesentlich gleicher Zusammensetzung — nur ärmer an Eisen —, aber durch abweichende (rhombische) Krystallform unterschieden, ein mit dem Epidot gleichgeformtes, Bor und Lanthan haltendes Mineral, der Orthit, ferner einige seltenere Mineralien, alsdann die Abarten des Epidotes, namentlich der Manganepidot, endlich der eigentliche Epidot oder Pistazit (von Tyrol, besonders Sulzbach, Skandinavien, Schlesien, der Schweiz, dem Ural, aber auch sonst weit verbreitet) gehören. Ferner rechnet man wohl den, wenn auch ganz abweichend krystallisirten, Vesuvian (oder Idokras, Egeran), den „quadratisch krystallisirten Edelstein", wegen der ähnlichen, ebenfalls complicirten Zusammensetzung dieser Gruppe zu. Auch der trikline Axinit, in einzelnen Gesteinen vorkommend, lässt sich hier anreihen.

Der Turmalin oder Schörl, sechsseitig (rhomboëdrisch) krystallisirt, meist in dreiseitig abgestumpften, 3 und 6seitigen Säulen auftretend, gehört gleichfalls zu den complicirt zusammengesetzten Silikaten und enthält neben dem Aluminium Bor, dessen Sauerstoffverbindung, $B_2 O_3$, die des Aluminiums vertritt, sowie etwas Fluor, was bei der grossen Zahl der basischen Radikale den auch an Farbe sehr wechselnden (hell- oder dunkelrothen, schwarzen, braunen, gelben oder grünen, selbst farblosen) Turmalinen eine grosse Mannigfaltigkeit in der Gruppirung der Einzelbestandtheile giebt. Die rothen, farblosen

und hellgrünen Turmaline, welche wenig Eisen, dagegen Lithion und andere Alkalimetalle in grösserer Menge enthalten, haben nach Rammelsberg die Zusammensetzung $Na_4MgAl_{12}B_4Si_9O_{45}$, wobei selbstredend Vertretungen der ersten beiden basischen Radikale durch andere und auch durch einander, und eines Theils des Sauerstoffes durch Fluor zulässig sind; die schwarzen, gelben, braunen und dunkelgrünen mit Eisen (meist in Oxydulverbindung) und weniger Alkaliradikalen sind dagegen $Na_2Fe_5Al_8B_4Si_8O_{40}$, wobei statt *Fe* besonders Magnesium eintreten kann, folglich ärmer an Thonerde. Im Ganzen möchten auch diese Formeln noch eine gewisse Verwandtschaft mit der der Granaten aufweisen; wie denn auch das Auftreten des Schörls als Gesteinsgemengtheil vielfach an das der Granaten erinnert und öfter ein gemeinsames ist. Auch ist (abgesehen von den Borsäurereaktionen) das chemische Verhalten ein sehr ähnliches; roh durch Schwefelsäure sehr schwer, durch Salzsäure gar nicht angreifbar, wird der Turmalin geschmolzen leichter zersetzt. Die Schmelzbarkeit ist indessen bei ihm sehr verschieden, auch das Blähen in der Hitze mitunter stark, mitunter nicht vorhanden. Die Härte ist 7 bis $7^1/_2$, das Gewicht 3 und selbst etwas darüber, der Glanz lebhaft (Glasglanz), die Durchsichtigkeit manchmal durch die dunkle Farbe beeinträchtigt, die Doppelbrechung sowie die Lichtpolarisation deutlich entwickelt, auch Farbenverschiedenheit wahrnehmbar. Ferner wird die Thermoelektricität der Turmaline hervorgehoben.

Noch ein Silikat von complicirterer chemischer Constitution, der Cordierit oder (seiner Farbenverschiedenheit nach verschiedenen Richtungen halber sogenannte) Dichroït ist deshalb hier aufzuführen, weil er in Graniten und namentlich in Gneissen stellenweise als Hauptgemengtheil vorkommt. Er besteht ausser aus 48—50 Procenten Kieselsäure und 30—39 Thonerde besonders aus Magnesia (10 bis 13 Procent) und Eisen, das ursprünglich wohl in Oxydulverbindung vorhanden war, auch mitunter in solcher angegeben wird, häufig aber auch als Oxyd analysirt ist. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass der Cordierit, dessen Formel von Rammelsberg $Mg_3Al_4Si_5O_{18}$ angegeben wird (wobei ein nicht unbedeutender Theil des Aluminiums durch Eisenoxyd ersetzt ist), eigentlich eine grössere Menge Monoxyde, neben Magnesia Eisenoxydul, enthält, und dass die Cordierite — deren Prüfung auf Eisenoxydul durch Rammelsberg selbst ohnehin noch für wünschenswerth erklärt wird — zum Theil schon in beginnender Zersetzung begriffen sind. Dies wird dadurch wahrscheinlich, dass man eine Anzahl Zersetzungsprodukte des Cordierites aufzählt, deren Verhältniss zu demselben aber noch keineswegs völlig sicher gestellt ist, und dass unbedingt der Cordierit zu den am leichtesten zersetzlichen Silikaten gehört. Zu den ferneren Zersetzungsprodukten rechnet auch

Rammelsberg Glimmer, denen sich in der chemischen Zusammensetzung die zerfallenden Cordierite nicht selten nähern.

Die ihrer Zusammensetzung nach als einfache neutrale Silikate mit den Formeln $MgSiO_3$ oder $CaSiO_3$, oder beim Vorhandensein von Anderthalboxyden nebst einwerthigen Radikalen $K_2Al_2Si_4O_{12}$, also mit dem doppelten Gehalte an Kieselsäure im Vergleich zu den erst betrachteten Singulosilikaten auftretenden Mineralien — welche daher auch Bisilikate heissen — beginnen wir mit der Talkgruppe, welche in dem fett- bis perlmutterglänzenden, meist hell (grünlich) gefärbten, mässig durchsichtigen, weichen, die Härte 1 repräsentirenden, das spezifische Gewicht von etwa 2,7 besitzenden, der Krystallform nach nicht näher bekannten aber gleich den Chloriten in Blättern nach der basischen Endfläche spaltenden, sehr milden, geschmeidigen fett anzufühlenden, in dünnen Blättern biegsamen Talke, einem nicht unwichtigen Gesteinsbestandtheile, ihren hauptsächlichsten Vertreter hat. Schwer schmelzend, in der Hitze sich härtend, leuchtend, weder vor noch nach dem Schmelzen von Säuren angreifbar, hat der Talk die Zusammensetzung $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ (mit $63^1/_2$ Procenten Kieselsäure, $31^3/_4$ Magnesia, $4^3/_4$ Wasser, wobei 1—5 Procente der Magnesia durch Eisenoxydul vertreten und 1—2 Procente von Thonerde, als Rest von Mineralien, aus deren Zersetzung der Talk sich gebildet, zugegen zu sein pflegen), ist also das völlige Analogon des basischen Serpentins (ohne Krystallwasser) unter den neutralen Silikaten. Der Speckstein hat dieselbe Zusammensetzung, der Meerschaum noch 4 Aequivalente Hydratwasser, der Seifenstein etwas mehr Thonerde; jedoch hat unter allen diesen Arten und Abarten nur der (in Talkschiefern, in manchen Gneissen und Graniten, den Protogingneissen und Protoginen, oft in Menge auftretende) Talk eine grössere Bedeutung für die Gesteinslehre.

An den Talk reihen sich mehrere erdige Silikate an, die durch ihren verhältnissmässig hohen Kieselsäuregehalt als nicht zum Thon, sondern zu den neutralen Verbindungen gehörig ausweisen. Hervorzuheben möchte der in manchen Bildungen in Körnern auftretende Glaukonit sein, dunkelgrün, zerreiblich, vom Gewichte 2,3, mit etwa 50 Procent Kieselsäure, an 30 Eisenoxyd, etwas Thonerde, Kali (das auch die Verwendung als Düngmittel zulässt) und Wasser, das in manchen Ablagerungen in grösserer Menge auftritt.

Ein der Nephelingruppe entsprechendes Mineral (nur dass statt Natrium hier vorwiegend Kalium auftritt) ist unter den neutralen Silikaten der Leucit, ein quadratisch krystallisirendes, aber wegen der Aehnlichkeit seiner Krystalle mit regulären Formen früher dem Regulärsysteme zugerechnetes Mineral, das meist in rundum ausgebildeten 24 flächigen Krystallen, auch in Körnern in manchen massigen Gesteinen, namentlich in Produkten heutiger Vulkane und in Basalten, als charak-

teristischer Bestandtheil auftritt. Er ist meist grau gefärbt, halbdurchsichtig, glas- bis fettglänzend, bricht muschelig, hat die Härte $5^1/_2$ bis 6, das Gewicht nahezu $2^1/_2$, ist unschmelzbar, überhaupt vor dem Löthrohr unveränderlich (mit Borax zu Glas löslich), durch Salzsäure aber unter Abscheidung von Kieselpulver zersetzlich und besteht aus 55 Procenten Kieselsäure, $23^1/_2$ Thonerde, $21^1/_2$ Kali, von denen jedoch ausnahmsweise bis 8 Procente durch Natron ersetzt werden können; jener Procentgehalt entspricht der oben mitgetheilten Formel. — Der sich hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung hier zunächst anschliessende, als Edelstein zu erwähnende Beryll (Smaragd, Aquamarin, in welchem Beryllium neben Aluminium auftrit und der gewöhnlich die Formel $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ bekommt) bedarf nur der Erwähnung. —

Wichtiger sind die Mineralien, welche im Wesentlichen der einfachen Formel $RSiO_3$ entsprechen und einer grossen Gruppe angehören, die sich zunächst wieder in 2 Hauptreihen, in die der Augite oder Pyroxene und in die der Amphibole oder Hornblenden, theilt; beide umfassen dann neben den Hauptsippen noch Nebenformen, von denen namentlich noch eine der Augitreihe gehörige natürliche Familie Wichtigkeit erlangt. Die Hauptformen beider Reihen sind nach dem monoklinen Systeme krystallisirt und treten in Säulen mit schief abgeschnittenen Enden auf; jedoch sieht man bei der durchgängigen Verschiedenheit der Säulenkantenwinkel und der Spaltrichtungen beiderlei Formen als gesondert an und bezieht sie nicht auf eine und die nämliche Grundform. Wenden wir uns zunächst zu den Hornblenden oder Amphibolen, so finden wir eine grosse Fülle von Abarten, den Tremolith oder Grammatit, den Strahlstein oder Aktinolith, die gemeine und die basaltische Hornblende, denen sich noch die in Fasern zerfallenen Asbeste und Amiante anreihen, nebst einer kleinen Anzahl in ihrer Zusammensetzung abweichender Nebenarten, die zwar auch, wie z. B. der Glaukophan[1]), als Gesteinsgemengtheile auftreten, aber keineswegs die Bedeutung der eigentlichen Hornblendeabarten erreichen. Die Säulenwinkel sind stets etwa 124^0 bis $124^1/_2{}^0$ und $55^1/_2$ bis 56^0; doch sind die spitzen Kanten meist (durch Endflächen) abgestumpft, daher dann der Querschnitt der Säulen einem regelmässigen Sechsecke ähnelt. Diese Winkel, mit denen die der Spaltflächen übereinstimmen, welche bei der Hornblende deutlich vorhanden zu sein pflegen, lassen sich auch noch an den faserigen Abarten und an den strahlförmigen Theilchen der Aggregate beobachten. Die Endflächen sind an der basaltischen Hornblende, d. h. den rundum ausgebildeten, in Basalt und Trachyt eingewachsenen Krystallen, am

1) Bei diesem geht $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ in nicht ganz unbedeutenden Mengen in die Mischung ein, ähnlich wie beim Arfvedsonit $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$.

besten entwickelt. Die Härte ist 5 bis 6, das Gewicht 2,9 bis 3,3, die Farbe hell bis ganz dunkel, grünlich oder bräunlich, der Glasglanz geht mitunter in Seidenglanz über, die Durchsichtigkeit wechselt sehr, ist aber bei dunkler Farbe meist nur gering. Die Schmelzbarkeit ist verschieden, meist um so leichter, je eisenreicher die Hornblende ist, auch wird dieselbe nur bei grösserem Eisengehalte von Salzsäure erheblich angegriffen. Die chemische Zusammensetzung wechselt etwas nach den Varietäten; so besteht der Tremolit (Grammatit) im Wesentlichen aus reinem Kalk-Magnesia-Silikate mit Ueberwiegen des letzteren (in der Regel zu $^3/_4$ des Ganzen, stöchiometrisch genommen); der Strahlstein unterscheidet sich nur dadurch, dass von der Magnesia ein etwas grösserer Antheil, häufig $^1/_6$, durch Eisenoxydul ersetzt ist; mitunter aber sind die Mengen von Eisenoxydul sowohl, als auch von Kalk, im Vergleich zur Magnesia grösser. Die Asbeste (Amiante und Byssolithe) haben in der Regel die Zusammensetzung und im Allgemeinen auch die Eigenschaften der Grammatite und Strahlsteine (Aktinolithe). In den übrigen Hornblenden kommt stets etwas Thonerde vor, die man unabhängig von den Silikaten anzusehen hat; in diesen überwiegt sowohl Kalk, als Magnesia, öfter aber die letztere, auch kann oft ziemlich viel Eisenoxydul auftreten, so dass der Kalk meist $^1/_3$ oder $^1/_4$ (stöchiometrisch) des Ganzen ausmacht. Bezeichnet man diese Silikate, in deren Zusammensetzung nur in sehr kleinen Mengen Alkalien (meist Natron) eingehen, allgemein als $RSiO_3$, so ist die Formel der thonerdehaltigen Hornblenden $12RSiO_3 + Al_2O_3$ bis $3RSiO_3 + Al_2O_3$, wobei noch ein gewisser Antheil des Aluminiumoxydes durch Eisenoxyd vertreten zu sein pflegt. Von sonstigen Varietäten möchte der als Gesteinsgemengtheil auftretende Uralit zu erwähnen sein, der Augitumrisse, aber ausgefüllt mit faseriger Hornblendemasse, zeigt, also eine Afterbildung der Hornblende nach Augit ist, dann der (ebenfalls in Gesteinen auftretende und wenigstens in vielen Fällen der Hornblende, in andern ihr wenigstens theilweise zuzurechnende) grüne Smaragdit und endlich der Nephrit oder Beilstein[1]), ein etwas durchscheinender grüner, dichter, splitterig brechender, fester Stein, der die Härte $6^1/_2$, das Gewicht nahe an 3 besitzt, aber sonst und auch in seiner Zusammensetzung dem Tremolith oder Grammatit gleich ist, bekannt durch seinen Gebrauch zur Anfertigung von Steinwaffen u. dergl. — Die nicht monoklin, sondern rhombisch krystallisirende Nebengruppe der Hornblende (mit Anthophyllit) hat keine für die Gesteinskunde wichtigen Minerale aufzuweisen.

Die Reihe der Augite im engeren Sinne umfasst an wichtigen Gesteinsbestandtheilen die eigentlichen Augite (Pyroxene, nebst Diopsid),

1) Die als Jadeït abgetrennten Nephrite enthalten zwar Natrium- und Aluminium-Silikate, möchten aber doch ähnlich dem Glaucophan u. s. w. im Grunde hierher gehören.

den Diallag und den Omphazit, welchen sich an sonstigen Mineralien der Tafelspath oder Wollastonit (das einfach Kalksilikat $CaSiO_3$), sowie noch einige Natron-Eisen-Silikate (Akmit, Aegirin) nebst dem Lithion-Aluminium-Silikate, dem Spodumen anreihen. Sie sind sämmtlich monoklin und haben Säulen mit Winkeln von ungefähr 87° und 93°, welche beide nicht selten abgestumpft sind, so dass der Querschnitt der Säulen meist annähernd die Gestalt eines regelmässigen Achtecks hat. Die Endflächen sind noch mannigfaltiger als bei der Hornblende, die Säulen meist kurz, die Spaltbarkeit nach den Säulenflächen ist nicht sehr ausgesprochen; eine beim Diallag abweichend vom Augit auftretende Spaltbarkeit nach der einen (kürzeren und graden) Querfläche (Mittelebene) wird von Vielen als schalige Absonderung aufgefasst. Das bei weitem wichtigste der genannten Mineralien ist unbedingt der Pyroxen (Augit) selbst, dessen „edle“ (hellgrüne und durchsichtige) Abart man Diopsid nennt, wie man auch andere Abarten mit besonderen Namen belegt (die eisenfreien als Salit, die körnigen eisenreicheren als Kokkolith, die magnesiafreien als Hedenbergit u. s. w. benennt), während man als Augit im engeren Sinne diejenigen Abarten bezeichnet, welche Thonerde (in der nämlichen Weise, wie die eigentlichen Hornblenden) enthalten. In vielen Fällen ist Kalk und Magnesia gleich stark vertreten, Eisen schwächer; doch kommen, wie schon aus der Benennung einiger der Abarten hervorgeht, mannigfache Abweichungen davon vor. Die Thonerde ist in den letztgenannten Varietäten in den Verhältnissen zwischen $20RSiO_3 + Al_2O_3$ und $6RSiO_3 + Al_2O_3$ zugegen. Eine wirklich durchgreifende Verschiedenheit zwischen Hornblende und Augit ist daher in der chemischen Zusammensetzung nicht vorhanden, nur ist das chemische Verhalten ein etwas anderes, indem die Pyroxene ruhig zu einem Glase schmelzen; doch werden auch sie von Säuren nur wenig angegriffen (sehr unvollkommen zersetzt). Die übrigen Eigenschaften sind der Hornblende sehr ähnlich; die Härte 5 bis 6, das Gewicht 2,9 bis 3,5, der Glasglanz ist ziemlich lebhaft; die Farbe, welche bei Hornblende nach verschiedenen Richtungen ziemlich stark wechselt, zeigt bei Augit diese Verschiedenheit nicht, dagegen wechselt die Farbe im polarisirten Lichte beim Drehen der Nicols viel stärker als bei Hornblende. Dies mit den Eigenthümlichkeiten der Krystallform macht die Unterscheidung beider Mineralreihen meist leicht. Die Wichtigkeit des Augites liegt hauptsächlich darin, dass er für manche Gesteine charakteristisch ist, in andern, besonders hornblendehaltigen, fehlt; allein die Annahme, dass in manchen Gesteinsabtheilungen nur die eine oder die andere Mineralart auftreten könne, hat sich doch (namentlich auch seit der Einführung der mikroskopischen Untersuchung) nicht überall bestätigt. — Der Diallag ist vielfach falsch aufgefasst und erst in neuester Zeit als ein vom Augit verschiedener, aber ihm nahe ver-

wandter Körper von gleicher Zusammmensetzung erkannt, der unter andern die oben erwähnte Spaltbarkeit nach einer Richtung als Kennzeichen hat; die Winkel der Säulen sind wie beim Augit, und kommt eine feine Streifung, vermuthlich in Folge des Hervortretens zarter Säulenkanten, auf der Spaltfläche zum Vorschein, die dem meist grau, grünlich oder bräunlich gefärbten und (abweichend vom Augite) nach der verschiedenen Richtung stark in der Farbe wechselnden Diallag einen schillernden Perlmutterglanz verleiht. Dies liess ihn öfter mit dem noch zu erwähnenden Hypersthen verwechseln, wie er auch wohl mit Hornblendearten (Smaragdit) zusammengeworfen ist. — Der Omphazit hat auch ein ähnliches Schicksal gehabt; nicht selten hat man sich damit geholfen, ihn als Gemenge von Augit und Hornblende anzusehen, doch ist er durchaus gleichmässig und gehört sicher in die Gruppe der Augitmineralien, mit der Spaltbarkeit des Augites (den Säulenflächen nach); er ist ausgezeichnet durch seine grasgrüne Farbe und bildet einen der wesentlichen Bestandtheile eines unserer minder häufigen Gesteine (des Eklogites).

Von den Nebengruppen der Augitreihe, welche anderen Krystallsystemen angehören, ist nur die eine von Wichtigkeit, nämlich die aus den unter sich sehr ähnlichen Mineralien Enstatit, Bronzit und Hypersthen gebildete Reihe rhombisch (gradrhombisch), aber auch mit Winkeln der Säulen von etwa 87 und 93° krystallisirender und nach denselben Richtungen spaltbarer Körper. Von diesen ist der Enstatit, von gelblichbrauner oder graulichweisser Farbe, Härte $5\frac{1}{2}$, Gewicht 3,2, ziemlich reines Magnesiumsilikat $MgSiO_3$; der Bronzit von Härte 5 oder etwas weniger, Gewicht bis an 3,5 und von tombackbrauner Farbe, hat beträchtlichere (stöchiometrisch zwischen $\frac{1}{12}$ und $\frac{1}{4}$ des Ganzen schwankende) Beimischungen vom Eisensilikat $FeSiO_3$; der Hypersthen, von Härte 6 und Gewicht immer nahe 3,5, von schwärzlicher Farbe, hat noch stärkere Antheile vom Eisensilikat, so dass dies sogar das Magnesiumsilikat an Menge etwas übertreffen kann. Die beiden letzteren haben eine vollkommene Spaltfläche (mit feiner Streifung und Perlmutterglanz), der des Diallags entsprechend; die Farbenverschiedenheiten nach verschiedenen Richtungen sind bei allen dreien vorhanden, wie bei der Hornblende, zugleich aber die starke Farbenänderung beim Drehen der Polarisationsvorrichtungen, wie beim Augit. Das chemische Verhalten ist bei allen drei Mineralarten ähnlich, nur ist der Enstatit fast unschmelzbar, der Bronzit nur schwer an den Kanten, der Hypersthen mehr oder weniger leicht schmelzbar, so dass die Schmelzbarkeit, wie bei anderen Silikatgruppen, z. B. der Olivingruppe, mit dem Zunehmen des Magnesiagehaltes abnimmt; von Säuren werden alle drei Arten nicht angegriffen. — Die zweite Nebengruppe, welche dem triklinen (schiefrhomboïdischen) Krystallsysteme angehört, und von welcher der neuerdings als Schmuck-

stein verarbeitete, rosenfarbene Kieselmangan oder Rhodonit, $MnSiO_3$, als Beispiel angeführt werden kann, enthält keine wichtigen Gesteinsbestandtheile.

Die sämmtlichen Mineralien der grossen Augit-Hornblende-Familie zersetzen sich, wenn auch im Allgemeinen nur langsam, doch endlich zu Kalk- und Magnesiacarbonaten, wobei Kieselsäure, Thon und Eisenoker abgeschieden werden; nicht minder aber können Zwischenzersetzungsprodukte, Epidot, Chlorit und manche andere Silikate, auftreten, wie auch Serpentin aus der Verwitterung derselben hervorgehen kann. Ein nicht uninteressantes Beispiel solcher Zwischenbildungen ist der Schillerspath, der sich in manchen Gesteinen aus Enstatit und Bronzit bildet (z. B. im Radauthal bei Harzburg an der Baste, daher der Schillerspath auch Bastit, und der Bronzit, welchem er den Ursprung verdankt, Protobastit genannt ist) und zwar durch Wasseraufnahme, so dass er direkt in den Serpentin hinüberleitet.

Die ganze Abtheilung der in ihren Krystallformen sehr vielgestaltigen Zeolithe ist ebenfalls nur eine Reihe solcher Zwischenglieder in der chemischen Umwandlung der Silikate auf nassem Wege und hat als allgemeinen Charakter eine mittlere Härte ($3^1/_2$ bis 6) eine ziemlich grosse spezifische Leichtigkeit (1,9 bis 2,4), meist weisse (wasserhelle) Farbe bei wechselnder, meist ziemlich vollkommener Durchsichtigkeit (nur Heulandit oder Stilbit pflegt röthlich, Laumontit röthlich oder etwas schmutzig gefärbt zu sein), einen durchgängigen Gehalt an Krystallwasser und öfter auch noch basischen Wasserstoff; auch ist Aluminium fast immer (ausser bei dem Apophyllit, einem mit etwas Fluorkalium gemischten neutralen Wasserstoff-Calcium-Silikate, und dem Okenit, der wesentlich ebenso, nur ohne Fluorid, zusammengesetzt ist) zugegen und in der Mehrzahl der Fälle als basisches Radikal in neutralen, also in den Formeln dem Leucit ähnlichen Doppelsilikaten; nur bei wenigen, unter welchen die Mesotype (Natrolith oder Natronmesotyp, Kalkmesotyp oder Skolezit) die wichtigsten, findet ein ähnliches Verhalten des Aluminiums statt, wie bei den Feldspathen, aus denen sie hervorgegangen zu sein scheinen (insbesondere dem Labradorfeldspath). Die Zeolithe, unter denen ausser den genannten noch der reguläre Analcim und der sechsseitig-rhomboëdrische Chabasit, ferner neben dem monoklinen Stilbit oder Heulandit der rhombische Epistilbit, der ebenfalls rhombische Desmin, die in regelmässigen Durchkreuzungszwillingskrystallen auftretenden Arten Harmotom (baryumhaltig) und Phillipsit hervorgehoben werden können, sind sämmtlich, und meist leicht, unter Aufblähen schmelzbar und werden im Ganzen leicht und meist unter Abscheidung von Kieselsäuregallert von Säuren zersetzt. Dem entsprechend gehen sie, nachdem sie sich auf Spaltklüften und in Hohlräumen von Massengesteinen jeder Art (Ba-

salten u. s. w.) gebildet haben, meist ziemlich bald in fernere Zersetzungsprodukte (Thon und Carbonate) über.

Den basischen halbfachen und den neutralen Silikaten oder den Singulo- und Bisilikaten stellen sich nun noch zweierlei Silikate gegenüber, deren erste Art nächst dem Thone wohl die wichtigsten Silikate, die Feldspathe, umfasst. Diese werden jetzt allgemein als saure und zwar anderthalbfachsaure Silikate (Trisilikate) angesehen, wobei man aber ein verschiedenes Verhalten des Aluminiums, wie schon früher in einigen Fällen, anzunehmen hat, wenn man überhaupt, wie es doch bei der grossen Aehnlichkeit der Feldspathe unter einander geboten ist, eine gleichförmige Zusammensetzung festhalten will.[1]) Diese Zusammensetzung ist nämlich einmal, wenn einwerthige Radikale (Kalium, Natrium) neben Aluminium auftreten, die der Doppelsalze, wie wir sie unter den basischen Silikaten im Nephelin etc., unter den neutralen im Leucit kennen gelernt haben; die Formel lautet hier mit entsprechender Vermehrung der Säuremenge für den Kalifeldspath oder Orthoklas $K_2Al_2Si_6O_{16}$, für den Natronfeldspath oder Albit $Na_2Al_2Si_6O_{16}$. Sobald aber ein zweiwerthiges Radikal eintritt, — und dies ist hier Calcium, wenigstens ausser demselben nur in einem Falle Baryum —, und in demselben Verhältnisse, wie dasselbe in die Mischung eintritt, bildet sich ein Aluminat, so dass der reine Kalkfeldspath die Formel $CaAl_2Si_2O_8$ bekommt, in welcher das Silicium die zum Zustandekommen des anderthalbfachsauren Salzes noch nöthige Säureradikalmenge dem Aluminium hinzufügt. Trotz aller Einwendungen ist man nun immer wieder auf die Ansicht zurückgekommen, dass die zahlreichen Feldspathe, welche theils Natron-, theils Kalk- Feldspathe sind, aus einer Mischung jener beiden reinen Feldspatharten bestehen, und stützt dies namentlich durch die in der Natur sehr mannigfaltig auftretenden Uebergänge. Selbstverständlich giebt dieser Umstand wieder eine bedeutende Stütze für die Ansicht, nach welcher auch der Kalkfeldspath als eine anderthalbfachsaure Verbindung aufzufassen ist. — Ausser dieser Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung hat man auch noch einen wesentlichen Unterschied unter den Feldspathen nach ihrer Krystallgestalt; die Kalifeldspathe sind in den meisten Fällen monoklin, so dass man sie früher als ausschliesslich monoklin ansah, die übrigen sind triklin. Genauere Untersuchungen haben indessen die Möglichkeit des Auftretens trikliner Kalifeldspathe dargethan, und da eine Art, der Hyalophan, existirt, welche halb aus Kalifeldspath, halb aus dem (dem Kalkfeldspath analogen) Barytfeldspath gebildet und monoklin ist, so ist die Unab-

1) Der Ausgangspunkt für diese — auf die Theorie der übrigen Silikate noch immer nicht mit genügender Consequenz ausgedehnte — Betrachtungsweise ist die Tschermak'sche Abhandlung über die Feldspathe in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie v. J. 1864, welche bisher allerdings mannigfach durch andere Arbeiten modificirt ist.

hängigkeit der Krystallgestalt von der Zusammensetzung nicht zu bezweifeln und nur festzuhalten, dass die Kalifeldspathe meist monoklin, die Natron- und Kalkfeldspathe dagegen triklin sind. Dies hat eine für die Bestimmung derselben wichtige Folge. Nur bei triklinen Feldspathen nämlich findet eine sehr oft bis zur mikroskopischen Feinheit wiederholte Streifung statt, welche Folge einer Verwachsung von zweierlei Krystallen auf der quer durch die schiefen Säulen gelegten Halbirungsfläche (zwischen den stumpfen, zu etwa 120⁰ winkelnden Säulenkanten) ist. Bei den monoklinen Krystallen ist diese Fläche die richtige Halbirungsfläche, sodass keine Winkelabweichung durch Drehen um auf 180⁰ derselben entstehen und keine Verschiedenheit der Krystallhälften sich zeigen kann; das Auftreten solcher oft wiederholten Streifung, welche sich unter dem Mikroskope mit Hülfe des Polarisationsapparates stets durch verschiedene Färbung der einzelnen feinen Streifen und verschiedene Umänderung derselben beim Drehen der Nicols zu erkennen giebt, wird daher mit Recht als sicheres Kennzeichen der triklinen Feldspathe angesehen. Unter sich sind indess die Natron- und Kalkfeldspathe minder leicht zu unterscheiden, und hat man zu diesem Behufe wie auch zur Constatirung des Kalis die Flammenfärbung (bei welcher allerdings die gelbe Natronfärbung leicht die übrigen Reaktionen unkenntlich macht und die Beobachtung durch ein violettes Glas, welches jene gelbe Färbung auslöscht, nöthig macht) angewandt; das einzig sichere Mittel zur Ermittlung der Alkaliradikale ist die quantitav chemische Analyse, von welcher daher in zweifelhaften Fällen nicht abgesehen werden kann. Die Feldspathe spalten nach 2 bei den monoklinen Arten auf einander rechtwinkligen, bei dem triklinen fast aufeinander rechtwinkligen Richtungen, von denen die eine gegen die Säulenaxe denselben Winkel von etwa 64⁰ bildet, wie die Endflächen, die andere durch die Säulenaxe geht, fast gleich vollkommen, und diese Art der Spaltbarkeit, verbunden mit der meist splitterigen Beschaffenheit des Bruches, der Härte 6 oder wenig darüber, dem nicht sehr hohen spezifischen Gewichte von 2,53 bis 2,79, der meist hellen Färbung (oft weiss, beim Orthoklas oft fleischroth, bei diesem wie beim Oligoklas, Labradorit auch grau, grünlich), der im frischen Zustande bedeutenden, nie ganz fehlenden Durchsichtigkeit oder Durchscheinenheit, dem eigenthümlichen Glanze (Fett- bis Glasglanz, auf den Spaltflächen z. Th. Perlmutterglanz) drücken der Gruppe einen im hohen Grade einheitlichen Charakter auf. Die auffallendste Verschiedenheit ist dann durch die oben erwähnte vielfach wiederholte Zwillingsbildung (Zwillingsstreifung) der triklinen Feldspathe bedingt, ausser welcher aber bei allen Arten noch mannigfache, z. Th. complicirte Zwillingskrystallbildungen vorkommen. Hinsichtlich der Mischung ist noch zu erwähnen, dass irgend namhafte Zusätze von Eisensilikat oder sonstigen Schwermetallsilikaten nicht vorkommen; die röthliche Fär-

bung rührt in der Regel nur von geringer Menge mechanisch zwischengelagerter Eisenoxydtheilchen, die grünliche oft von organischen Beimengungen her; daher letztere beim Glühen verschwindet. Die Schmelzbarkeit und Löslichkeit in Säuren wechselt nach den verschiedenen Arten. Der monokline Kalifeldspath oder Orthoklas, von welchem der stark glänzende, durchsichtige, wasserhelle oder lichtgefärbte Adular (edler Feldspath der Alpen, Eisspath vom Vesuv), der gemeine Feldspath, meist röthlich und nur durchscheinend, der Sanidin (glasiger Feldspath, meist etwas stärker natronhaltig, als die übrigen Abarten, denen indessen Natron auch nicht fehlt), als Abarten unterschieden werden, neben dem aber auch der oben bereits erwähnte trikline Kalifeldspath (Mikroklin nebst den grüngefärbten Amazonensteinen von Skandinavien, Grönland, Amerika) auftritt, ist wohl der verbreitetste; er hat einen Kieselsäuregehalt von nahezu 65 Procent, ist nur sehr schwer schmelzbar und wird von Säuren kaum angegriffen. Dasselbe gilt von dem Albit (nebst Periklin) oder dem reinen Natronfeldspath, dessen Kieselsäuregehalt sogar etwas über 68 Procent beträgt; der Kalkfeldspath oder Anorthit, welcher im Gegensatze zum vorigen nur 43 Procente Kieselsäure enthält, schmilzt ebenfalls ziemlich schwer, wird aber, wenngleich ohne Kieselgallertbildung, von Salzsäure vollständig zersetzt; auch ist er in der Natur zu Zersetzung weit geneigter als die Alkalifeldspathe. Die Mischarten des Kalk- und Natronfeldspaths, welche man mit den beiden reinen Arten oft unter dem Namen „Plagioklas“ (im Gegensatz zu Orthoklas, so viel als trikliner Feldspath) begreift, und bei denen sowohl das Natron als der Kalk überwiegen kann, zeigen ein mittleres Verhalten, so dass z. B. der Oligoklas (mit überwiegendem Natron, das indessen keineswegs immer in völlig gleichen Mengen vorhanden ist) von Säuren wenig zersetzt wird, der etwa die Mitte haltende Andesin und der Labradorit (mit überwiegendem, aber auch keineswegs gleichem Kalkgehalt) schon etwas leichter. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Mischarten leichter, als der reine Kalkfeldspath schmelzen, am leichtesten der Labradorit. — Das Verhalten der Feldspathe in der Natur ist bei ihrer grossen Verbreitung ein überaus wichtiges. Zunächst werden sie zu Unterscheidungskennzeichen vieler Felsarten benutzt; noch wichtiger aber sind ihre Umwandlungen. Sie zersetzen sich nämlich, so constant sie im Vergleich zu manchen anderen Silikaten sind und so häufig sie daher als Gesteinsgemengtheile auftreten, doch sämmtlich und zwar unter Bildung von Thon, Alkali- und Kalkcarbonaten, wobei in den kieselsäurereicheren jedenfalls auch eine Abscheidung von Kieselsäure stattfindet. In Hinsicht auf die Leichtigkeit der Zersetzung findet hier, wie auch sonst, das Verhältniss zwischen den basischen Radikalen statt, dass Calcium leichter als die Alkaliradikale und unter diesen Natrium leichter als Kalium in andere Verbindungen (in Carbonate) übertritt. Magnesium und Eisen, von

denen jenes minder leicht als Calcium der Zersetzung unterliegt, dieses aber meist sehr leicht, kommen für die Feldspathe nicht in Betracht. Es wird aus diesem Verhalten erklärlich, wie feldspathreiche Gesteine, oft ziemlich rasch, zu thonigem Boden zerfallen, und wird bei den Gesteinsarten mehrfach dies Verhalten zu betonen sein.

Die letzte Gruppe von Silikaten ist die, welche man gewöhnlich als Drittelsilikate auffasst, die Verbindungen von Thonerde und Kieselsäure je in einem Aequivalente, also Al_2SiO_5, zu denen eines Theils einige leicht zersetzliche Silikate von dieser einfachen Zusammensetzung gehören, andern Theils der Topas, in dessen Zusammensetzung Fluor eingeht. Von jenen ist die Hauptart der Andalusit, rhombisch krystallisirend, von Härte $7^1/_2$, Gewicht über 3, unschmelzbar, von Säuren unangreifbar, trotzdem der natürlichen Zersetzung sehr unterworfen; neben ihm kommen einige verwandte Körper, theilweise mit schon beginnender Zersetzung (namentlich der Chiastolith oder Hohlspath mit eigenthümlicher kreuzförmiger Zeichnung auf dem Querschnitte der Säulen, von geringerer Härte, 5 bis $5^1/_2$), in Betracht, dann der trikline, in schiefen Säulen von schöner, blauer Farbe auftretende Disthen oder Cyanit, der, den breiten Flächen der Säulen entlang nur die Härte 5, quer auf dieselben die Härte 7 zeigt, vom Gewichte $3^1/_2$, im chemischen Verhalten und in der Zusammensetzung völlig dem Andalusite gleich, endlich der in Krystallform, Härte, chemischem Verhalten mit dem Andalusit ebenfalls übereinstimmende, mit dem Cyanit das Gewicht theilende, aber complicirt zusammengesetzte und im Kieselsäuregehalt etwas schwankende Staurolith (Formel gewöhnlich angegeben zu $Fe_3Al_{12}Si_6O_{33}$, wobei Fe durch Mg z. Th. vertreten, auch nach Ansicht einiger Mineralogen basischer Wasserstoff zugegen ist). Gleich allen diesen Mineralien ist auch der Topas gelegentlich Gesteinsbestandtheil, ein (dem Andalusite ähnlich) rhombisch, meist in vielflächigen, nicht sehr langen Säulen krystallisirter, quer auf deren Längsaxe spaltender Körper, von der Härte 8, dem Gewichte etwas über 3,5, durchsichtig, meist hell und vorwiegend gelblich, doch im Ganzen sehr verschieden gefärbt, lebhaft glasglänzend, dem Quarze gleich öfter mit Flüssigkeitseinschlüssen versehen, unschmelzbar, von Salzsänre nicht zersetzlich, jedoch mit Schwefelsäure digerirt etwas Flusssäure abgebend. Dies ist Folge der Zusammensetzung, indem der Topas aus $5Al_2SiO_5 + Al_2SiF_{10}$, also zu stöchiometrisch einem Sechstheil aus dem Andalusit entsprechendem Fluorsilikate besteht; demzufolge scheint der Topas auch eine geringere Neigung zu natürlicher Zersetzung zu haben.

Dieser langen Reihe von Silikaten, welche gleichwohl nur die für den Haushalt der Natur und für die Industrie wichtigeren Gruppen und Arten umfasst, hat endlich eine gewisse Zahl von Mineralien aus der letzten Klasse derselben, der der Mineralien organischen Ursprungs,

zu folgen, welcher ebenfalls eine nicht geringe Bedeutung zukommt. Wenn auch die Gesteinsarten, welche aus ihnen bestehen, dem oben angedeuteten Schema gemäss noch besonders zu betrachten sind, so ist doch hier voranzuschicken, dass unter ihnen die Kohlen die bei weitem wichtigsten sind, wenn auch einzelne Kohlenwasserstoffe (von den festen der Bernstein als Schmuckstein, der Pyropissit und das Erdwachs als Material für Kerzen, der Asphalt zu bautechnischen Zwecken, die den Uebergang zu den Kohlen bildenden Bituminite oder harzreichen Mineralkohlen als Herstellungsmittel von Leuchtgasen, von den flüssigen das Erdöl oder Petroleum als eines unserer Hauptbeleuchtungsmittel) neben ihnen angeführt zu werden verdienen. Die mineralogische Eintheilung der fossilen Kohlen beruht auf ihrem Gehalte an Kohlenwasserstoffen, der bei dem Anthracit oder der Kohlenblende fehlt, bei allen übrigen vorhanden ist, und auf dem an halbzersetzter organischer Substanz, welche in allen Braunkohlen vorhanden ist und die braune Farbe des Striches (Pulvers) derselben, sowie ihre Ausziehbarkeit mit Kalilauge (mit tiefbrauner Farbe der Lösung) bedingt; minder wichtig sind Härte, Festigkeit, fremdartige Beimischungen (unter denen Schwefeleisen nebst seinen Zersetzungsprodukten, Thon, Metalloxyde, Kieselsäure die wichtigsten). Nach den obigen Hauptrücksichtspunkten, die auch die Verschiedenheiten des Kohlenstoffgehaltes bedingen, unterscheidet man den Anthracit von Härte 2 bis 2,5, Gewicht 1,4—1,7, glasglänzend, grauschwarz, schwer verbrennlich, mit hohem Kohlengehalte (90 bis an 100 Procent); die in viele Abarten getheilte Schwarzkohle oder Steinkohle von derselben Härte, dem Gewicht 1,2 bis 1,5, 74 bis 96 Procent Kohlegehalt der aschefreien Masse, schwarzem Strich, meist nur Fettglanz, leicht verbrennlich, Kalilauge nicht färbend; die Braunkohle, Lignit, der sich der Torf (mit Holzfaser gemischt) anreiht, ebenfalls mit zahlreichen Abarten (Gagat, holzige, erdige Braunkohle, Bastkohle, Papierkohle, Moorkohle) mit 55 bis 75 Procenten Kohlenstoffgehalt der aschefreien Masse, der sich jedoch beim Torfe bis auf das der Holzfaser eigenthümliche Quantum von nicht viel über 50 Procenten ermässigen kann, wenn er auch selbst hier unter das oben angegebene Minimum in der Regel nicht sinkt. Diese Eintheilung ist, wie man sieht, unabhängig von der (unten zu besprechenden) Abgrenzung nach den Formationen, in welchen die Mineralkohlenlager sich gebildet haben oder noch bilden. —

Nach allen diesen Vorbemerkungen ist die Eintheilung der vielerlei Arten von Gesteinen, welche die Kruste der Erde vorzugsweise zusammensetzen, im Grossen und Ganzen schon vorgezeichnet; auch bedarf es nur einer kurzen Charakteristik und Abgrenzung der einzelnen Gesteinsarten, da deren Bestandtheile in ihrem ganzen Verhalten einschliesslich der in der Natur mit ihnen vorgehenden Ver-

änderungen bereits ins Auge gefasst sind, das Verhalten zu den einzelnen technischen und industriellen Arbeiten aber in der Folge zu erörtern sein wird. In der Uebersicht über die Gesteinsarten, mit welchen das vorliegende Kapitel abschliesst, stellen wir

I. Die massigen Gesteine

allen übrigen gegenüber, eine durchaus geschlossene, nicht (selbst in dem Falle des Gneisses und Granites höchstens scheinbar) in die zweite übergehende Gruppe, durchaus anderen Ursprungs und den Lagerungsverhältnissen nach durchaus als eruptiv und pyrogen (den Vulkanprodukten analog) aufzufassen, wenn auch die jetzige Beschaffenheit der zusammensetzenden Mineralien keineswegs noch dieselbe ist, wie sie aus dem Feuerflusse hervorging. Die nächste Unterabtheilung giebt das procentische Verhältniss der Kieselsäure, nach welchem wir

A. saure oder kieselsäurereiche massige Gesteine zu unterscheiden haben, die man auch nach dem durchgängigen Auftreten monoklinen Kalifeldspathes (mit und ohne andere Feldspathe) als Orthoklasgesteine bezeichnen kann. Sie zerfallen in solche, welche Quarz als wesentlichen Gemengtheil haben, und solche, in denen er fehlt; beide Abtheilungen zerfallen in ältere und jüngere und können zugleich körnige, vollkrystallinische, oder porphyrische, oder glasige Ausbildung zeigen. Die Hauptgruppen sind danach

1. Die granitischen Gesteine, mit Quarz als wesentlichem Gemengtheil und einem Kieselsäuregehalte von selten unter 70 Procenten, meist etwa 75 und mitunter an 80, körnig, älteren Ursprungs, in viele Unterabtheilungen zerfallend, in normaler Zusammensetzung aus Quarz, beiderlei Feldspath (Orthoklas und triklinem Feldspath oder Plagioklas) und beiderlei Glimmer (Kaliglimmer oder Muskowit und Magnesiaglimmer oder Biotit) bestehend, manchmal aber auch als reiner Muskowitgranit oder als Biotitgranit (Granitit) ausgebildet und bei stellenweiser Vertretung des Glimmers durch Hornblende in den Hornblendegranit übergehend, bei Armuth an Glimmer und unregelmässiger Vertheilung desselben in Halbgranit (Aplit, Pegmatit) oder, bei gleichzeitiger paralleler Stellung der kleinen Quarzstücke inmitten vorwaltender Orthoklasmasse, in Schriftgranit. Ausser der Hornblende können aber auch noch Talk (im Protogin, siehe oben), Graphit, Eisenglimmer, selbst Turmalin, Zinnerz, Granat und dergl. neben dem Glimmer vorkommen und der Cordierit (in dem seltenen Cordieritgranit) ihn sogar ganz verdrängen. Im Uebrigen finden hinsichtlich der Grösse des Kornes die mannigfachsten Abänderungen statt; auch kann die Structur porphyrartig, also feinkörnig mit einzelnen grossen Krystallen, werden, nie aber wirklich porphyrisch. Bei der Häufigkeit

und relativen Wetterbeständigkeit gehören die Granite im Allgemeinen zu den brauchbarsten Steinen.

2. Die Quarzporphyre, stets mit einer dichten (entglasten, feinkörnigen) Grundmasse, die quarzreicher als der Orthoklas ist, dabei vor dem Löthrohre schmilzt (daher „Eurit“, leicht schmelzende Masse, meist aber „Felsit“ genannt) und sich dadurch insbesondere von dichten Quarzmassen (Hornstein etc.) unterscheidet. Dabei kommen Krystallausscheidungen und Einsprenglinge vor von Feldspath (Orthoklas und trikliner Feldspath oder nur jener), von Quarz (nur selten fehlend, meist in eckigen oder auch rundlichen Körnern, wenn in Krystallen, dann stets in Doppelpyramiden, höchstens mit abgestumpften Seitenkanten, nicht mit überwiegenden Säulenflächen), mitunter mit Glimmer (meist Biotit), seltener mit Hornblende. Ein grosser Theil unserer Porphyre gehört hierher, so z. B. die von Halle, viele der aus Schlesien, Sachsen, Thüringen, vom Fichtelgebirge, Odenwalde und Schwarzwalde, von den Vogesen, aus Tirol, aber auch ein grosser Theil der englischen Porphyre u. s. w. Zum Theil verwerthbar, stehen die Quarzporphyre ihrer leichteren Verwitterbarkeit halber doch den Graniten an Nutzbarkeit nach. Es ist dies um so auffallender, als der Quarzgehalt, durch die eingesprengten Quarzkörner noch vergrössert, dem der Granite nichts nachzugeben pflegt, und als dichtes Gestein, das der Grundmasse der Porphyre analog, sonst minder leichter zu verwittern pflegt, als gleichartige körnige Gesteinsmassen; doch wird es erklärlich, wenn man bedenkt, dass diese Grundmasse in vielen Fällen schon einer beginnenden Verwitterung erlegen ist. Beweis derselben sind die Umwandlungen in Kaolin, welche man an manchen Stellen ziemlich vollständig, an anderen wenigstens beginnend findet, die Färbung durch Eisenoxyd, welche sehr vielen der Quarzporphyre, oder doch ihrer Grundmasse, eine rothe Farbe verliehen und den Namen „rother Porphyr“ veranlasst hat, endlich die auf den Klüften und auch in feineren Spalten überaus häufigen Ausscheidungen von Flussspath, Gyps, Kalkspath. Die Kaolinisirung, welche übrigens die Feldspathmasse der Quarzporphyre mit anderen durchaus theilt, wird noch mehrfach zu berühren sein. Das Alter der Quarzporphyre ist, wie sich im nächsten Kapitel ergeben wird, zumeist ein entschieden jüngeres, als das der Granite, allein ein erheblich älteres, als das der folgenden Gesteine, welche man daher als

3. die jüngeren quarzführenden Orthoklasgesteine zu bezeichnen pflegt. Es sind dies Gesteine, bei welchen nicht nur die Flüssigkeitseinschlüsse der Quarze fehlen, sondern auch Einschlüsse geschmolzener (glasiger Masse) an deren Stelle treten, wie auch eine wirklich glasige Grundmasse vorkommt. Die Structur dieser Gesteine ist mitunter körnig, mitunter porphyrisch. Die ihnen sonst

beigelegten Namen (Rhyolith, Liparit) sind minder bezeichnend, als der Name Quarztrachyt, indem sie mit den übrigen Trachyten zusammen (in den jüngeren Formationen) auftreten und in dieselben übergehen. Ihr Kieselsäuregehalt ist im Allgemeinen derselbe, wie bei den vorigen. Das Verhalten ist jedoch keineswegs immer ebenso günstig, da es unter allen Trachyten leicht verwitternde Abarten giebt.

4. Die Glasgesteine, welche sich durch den hohen Kieselsäuregehalt als hierhergehörig ausweisen, sind theils ältere, sich enger an die Porphyre anschliessende, theils jüngere, den Quarztrachyten anzureihende. Die letzteren sind zahlreicher und vollständiger vertreten, indem unter ihnen sowohl wasserfreie (Obsidian, Bimsstein), als wasserhaltige (Perlstein mit körnerartiger Absonderung) vorkommen. Von den älteren sind nur die wasserhaltigen Pechsteine zu erwähnen, welche mit den Quarzporphyren in Sachsen und anderen Orten auftreten.

Von den Orthoklasgesteinen, welche den Quarz nicht als wesentlichen Gemengtheil führen, schliessen sich zunächst an

5. die (alten) syenitischen Gesteine, rein körnig, deren hauptsächlichstes der Syenit ist, aus Feldspath (entweder nur Orthoklas oder ausserdem Plagioklas) und Hornblende bestehend. Doch kommen Abarten mit Augit (am Monzoni), auch Uralit, ferner mit Glimmer (Biotit) neben und selbst an Stelle der Hornblende vor. Eine fernere Abart (Zirkonsyenit) führt neben letzterer Zirkon in Körnern und Krystallen; eine Nebenreihe bilden die Nephelin (Eläolith) führenden Syenitgesteine, der Foyait mit Orthoklas, Eläolith und Hornblende, der Miascit mit Biotit statt letzterer oder doch vorwiegend neben ihr (untergeordnet mit Quarz, der auch sonst in Syeniten auftreten kann, mit triklinem Feldspath, Zirkon und dergl.). Der Kieselsäuregehalt der Syenite beträgt meist etwa $^5/_8$ der ganzen Masse und schwankt zwischen ungefähr 54 und 66 Procenten. Das Verhalten ähnelt im Ganzen dem der Granite.

6. Die quarzfreien Porphyre (Feldspathporphyre) unterscheiden sich von den Quarzporphyren durch den Mangel an Quarzkörnern und Quarzkrystallen und durch geringeren Kieselsäuregehalt der Grundmasse, die indessen immer noch etwas kieselsäurereicher, als die aus beiderlei Feldspath bestehenden Krystalle zu sein pflegt. Von sonstigen Beimengungen ist wohl der Magnesiaglimmer die wichtigste, dessen massenhafteres Auftreten eine besondere Abart, die vogesisch-odenwaldische Minette, charakterisirt. Sonstige Mineralien, z. B. Apatit, sowie die oben bereits angeführten Zersetzungsprodukte sind nicht wesentlich von denen der Quarzporphyre verschieden. Der Kieselsäuregehalt ist der nämliche, wie bei den vorigen. Zu bemerken ist, dass die Zersetzung die Feldspathkrystalle oft trüb und

dann schwer kenntlich macht, so dass man (wie z. B. bei den skandinavischen sogenannten Rhombenporphyren) nicht immer völlig über die Anwesenheit von Orthoklas und folglich über die Zugehörigkeit zu den eigentlichen Porphyren im Klaren ist. Hinsichtlich des Verhaltens gilt von denselben das Nämliche, wie von den Quarzporphyren.

7. Die jüngeren Gesteine, welche sich hier (analog den Quarztrachyten neben den ersten beiden Gruppen) anreihen, die eigentlichen Trachyte enthalten im Allgemeinen beiderlei Feldspathe, mit vorwiegendem Orthoklas, der hier als Sanidin auftritt, in porphyrischer oder körniger Struktur, aber wohl stets mit einer glasigen Grundmasse; daneben können Hornblende, Augit, Glimmer einzeln oder zusammen vorkommen, in einzelnen Abarten auch Mineralien der Sodalithgruppe (Hauyn, Nosean). Die sehr mannigfachen und durch die ganze Welt verbreiteten Gesteine der Trachytgruppe, für welche (trotz vieler ihnen zugetheilter Namen) eine durchgreifende Eintheilung noch nicht gegeben ist, haben einen Kieselsäuregehalt meist über 60 Procent, doch schwankt derselbe hier ebenfalls in den oben angegebenen Grenzen. Das Verhalten dieser auch unter den Erzeugnissen der jetzigen Vulkane auftretenden Gesteine ist nicht sehr verschieden von dem der Quarztrachyte, wie auch hier

8. ein Auftreten von Glasgesteinen (sogenannten Obsidianen u. s. w. mit geringerem Kieselsäuregehalte) in der nämlichen Weise vorkommt.

9. Das Auftreten von Gesteinen, welche abweichend von den eigentlichen Trachyten neben dem Feldspath Nephelin führen, erlangt jedoch eine viel grössere Bedeutung, als bei den älteren Syeniten; es ist unter den entsprechenden jüngeren Gesteinen eine den Trachyten verwandte, aber durch das Auftreten von Nephelin, auch Hauyn, Nosean charakterisirte grössere Gruppe, die der Phonolithe oder Klingsteine, zu verzeichnen. Für dieselben ist grade der Nephelin bezeichnend, der zugleich das häufige Auftreten von Zeolithen (besonders Natrolith) als Zersetzungsprodukten des natronhaltigen Nephelins erklärt, welches man oft als charakteristisch für die Phonolithe angegeben findet. Zu bemerken ist, dass der Orthoklas, der im Ganzen für die echten Phonolithe durchaus als wesentlich anzusehen ist, doch in manchen Abarten gegen trikline Feldspathe zurücktritt. In Folge dessen sinkt der ohnehin durch die Nephelinbeimengung herabgedrückte Kieselsäuregehalt manchmal unter 50 Procent hinab, wenn er auch meist 54—60 beträgt. Die Verbreitung des Phonolithes ist namentlich in Deutschland, wo er mit den Basalten durch Hessen, Sachsen, Böhmen u. s. w. auftritt und malerische Bergspitzen bildet, keine geringe. Die Anwendbarkeit des (im Ganzen etwas leicht verwitterbaren, auch stets zum Theil leicht durch Säure auflöslichen) Phonolithes wird durch seine Sprödigkeit und durch seine Neigung zu

plattenartiger Absonderung beeinträchtigt und ist daher im Ganzen eine etwas einseitige.

10. Den Uebergang zu der folgenden Hauptabtheilung bilden Gesteine, in denen zwar der Orthoklas nicht durchgehends fehlt, allein gegen die Plagioklase immer sehr zurücktrittt. Unter diesen sind zunächst ältere Gesteine porphyrischer Struktur zu verzeichnen, die Porphyrite, welche den Porphyren (und auch den Quarzporphyren) sehr ähnlich, aber kieselsäureärmer sind, was wohl den kieselsäureärmeren Feldspathen zuzuschreiben ist. Im Verhalten den eigentlichen Porphyren ähnlich, sind sie es auch in den Beimengungen, unter denen Biotit wohl die wichtigste ist. Der Schwierigkeit der Abgrenzung gegen die eigentlichen Porphyre ist schon gedacht.

11. In der nämlichen Weise stehen neben den Trachyten die Andesite, gleich ihnen sehr verbreitete Gesteine, verschieden von ihnen durch das Zurücktreten, oft fast gänzliche Fehlen des Sanidins, der durch trikline Feldspatharten verdrängt erscheint. Der Kieselsäuregehalt sinkt hierdurch, wie bei den vorigen, meist unter den oben bemerkten Mittelwerth von $^5/_8$ der Totalmasse; jedoch ist dies hier keineswegs immer der Fall und möchte ein Sinken unter den Minimalwerth von etwa 54 Procenten selten sein. Die Andesite führen, gleich den Trachyten, meist Hornblende, Augit oder Glimmer oder mehrere dieser Mineralien zugleich. Noch wichtiger aber ist das bei einigen derselben stattfindende Auftreten von Quarz, demzufolge ein Theil der Andesite als Quarzandesit oder Dacit (nach dem häufigen Vorkommen in Ungarn) von den übrigen getrennt wird. In ihrem Verhalten den Trachyten ähnlich, sind die Andesite durchschnittlich wohl noch in höherem Grade den Verwitterungseinflüssen unterworfen.

B. Die basischen oder kieselsäureärmeren Massengesteine haben nur selten einen Kieselsäuregehalt von mehr als 50 Procenten; hauptsächlich findet sich ein solcher bei der ersten Unterabtheilung derselben, während er bei den folgenden in der That unter die Hälfte der Totalmasse, in einzelnen Fällen bis zu etwa $^3/_8$ derselben sinkt. In keinem Falle ist Quarz wesentlicher Gemengtheil, nur in wenigen ein nebensächlicher. Dazu sind die Feldspathe ohne Ausnahme triklin, und vorzugsweise spielt der Kalknatronfeldspath mit überwiegendem Kalkfeldspathgehalte, der Labradorit, dessen Kieselsäuregehalt nur etwa 50 Procente zu betragen pflegt, hier eine hervorragende Rolle. Dazu kommen die Mineralien der Hornblende-Augit-Gruppe. In anderen Fällen treten statt der triklinen Feldspathe andere Silikate auf, insbesondere Nephelin und Leucit, neben welchen aber immer noch Feldspathe (untergeordnet) vorkommen; in noch anderen Fällen treten weder Feldspath, noch eines der genannten, denselben ersetzenden Mineralien auf, sondern der (auch sonst in den

basischen Gesteinen nicht unwichtige) Olivin, der indessen nicht selten in Serpentin umgewandelt ist. Der Kieselsäuregehalt wird endlich auch noch durch die Anwesenheit von Mineralien herabgedrückt, welche nicht zu den Silikaten gehören, und unter denen hier im Gegensatze zur vorigen Gruppe das Magneteisen eine ziemlich grosse Rolle spielt. Dem Reichthum an demselben ist neben dem Vorhandensein dunkelgefärbter Silikate (dunkler Hornblende, dunklen Augits) auch die dunkle Farbe zuzuschreiben, welche vielen der basischen Massengesteine zukömmt. Auch Apatit pflegt noch mehr, als bei den vorigen, zugegen zu sein. Die Hauptgruppen sind

1. Die Dioritgesteine, meist körnige, öfter aber auch porphyrische und selbst dichte, stets ältere Gesteine, wesentlich aus triklinem Feldspat und Hornblende bestehend. Ueberwiegt letztere sehr, so bildet sich der Ophit, der aber stets feldspathhaltig bleibt. Als untergeordnete Bestandtheile sind besonders Zersetzungsprodukte, namentlich Epidot und Chlorit, sowie Magneteisen, auch Schwefelkies, zu erwähnen. Der Feldspath ist Kalknatronfeldspath meist mit Ueberwiegen des Natronfeldspaths; doch kommt auch (im Kugeldiorit von Corsika oder Corsit, mit jenem Namen wegen der kugeligschaligen Absonderung belegt) reiner Kalkfeldspath oder Anorthit vor. Der Corsit hat gleich manchen anderen Dioriten („Quarzdioriten“) untergeordnete Beimengungen von Quarz; noch andere gehen durch Aufnahme von Magnesiaglimmer in die folgende Abtheilung über. Die Dioritgesteine, in manchen der älteren Gebirge in vielen kleinen Partien auftretend (vergl. im folgenden Kapitel), werden, wenn sie in frischem, unzersetztem Zustande gebrochen werden, gelegentlich zu Ornamentsteinen (geschliffenen Postamenten und dergl.) verwandt. Die Verwitterbarkeit ist indessen ziemlich bedeutend und zeigt sich namentlich in den vielfach die Granite durchsetzenden Gängen von dioritischen Gesteinen durchschnittlich grösser, als im Granite selbst. Die körnigen Abarten (die eigentlichen Diorite) sind dem sonst herrschenden Gesetze entgegen etwas haltbarer, da sie reicher an Feldspath sind und da auch (wie bei anderen der alten Massengesteine) der schädliche Einfluss der körnigen Structur, der durch die Trennungsflächen der Einzelbestandtheile veranlasst ist, minder fühlbar ist. Der Kieselsäuregehalt beträgt in der Mehrzahl der Fälle etwas über 50 Procente; in vielen der Analysen finden sich 52—54 Procente, seltener etwas unter 50, bis etwa 48. Die dichten Abarten heissen hier, wie bei den ähnlichen Diabasgesteinen, „aphanitisch“, weil sie mit blossem Auge die Einzelbestandtheile nicht erkennen lassen; die porphyrischen enthalten in einer aphanitischen Grundmasse Krystalle von Feldspath und Hornblende. Fundstellen von Diorit finden sich in der Mehrzahl der deutschen Mittelgebirge (Lausitz, Thüringer Wald, Südwestdeutschland), in Skandinavien, den Pyrenäen u. s. w.

2. Eine früher wenig neben den übrigen beachtete Abtheilung der älteren basischen Massengesteine sind diejenigen, in welchen Glimmer eine Hauptrolle spielt, sei es neben Hornblende (Glimmerdiorit) oder ohne dieselbe (Kersanton und, mit untergeordneter Hornblende, Kersantit). Auch hier kann (im Quarzglimmerdiorit) Quarz als unwesentlicher Bestandtheil auftreten. Die Verbreitung (Vogesen, Bretagne) ist im Ganzen minder gross, als bei der vorigen Gruppe, das Verhalten ein sehr ähnliches, im Allgemeinen die Verwitterbarkeit etwas geringer, so dass namentlich die Kersantone öfter als Bausteine (in der Bretagne) verwandt worden sind; das Auftreten anderer Nebengemengtheile ist das nämliche.

3. Eine der wichtigsten Abtheilungen bilden die Plagioklasaugitgesteine, von denen die älteren den Namen Diabase zu führen und eben wegen des Auftretens des Augites statt der Hornblende den Dioriten entgegengestellt zu werden pflegen. Absolut sind indessen, wie bereits oben bemerkt ist, diese beiden Mineralarten keineswegs durch einander ausgeschlossen. Neben dem Augit und Plagioklas tritt eine grünliche Substanz auf, welche man meist als Chlorit erkannt hat und welche allgemein als Zersetzungsprodukt gelten muss. Dieser Substanz verdanken die Diabase auch den (ihnen übrigens mit den Dioriten, den Gabbro- und Serpentingesteinen, überhaupt den meisten ältesten Plagioklasgesteinen gemeinsamen) älteren Namen der Grünsteine. Die Feldspathart ist, wie es scheint, Labradorit oder Oligoklasfeldspath, also allgemein Kalknatronfeldspath in verschiedenen Mischungsverhältnissen; von untergeordneten Bestandtheilen tritt der Quarz noch ungleich mehr zurück, als bei den Dioriten, er fehlt in den allermeisten Fällen. Magneteisen, auch Schwefeleisen ist dagegen häufig. Der Kieselsäuregehalt beträgt hier noch meist 48 bis 53 Procente (mit Zuziehung der zahlreichen Abarten 45 bis 54) und ist das Verhalten ein ähnlich wechselndes, wie bei den Dioriten, indem einzelne Diabase (z. B. vom Harz) ziemlich haltbar und technisch verwendbar sind, andere leicht verwittern. Doch ist im Ganzen ihre Verwitterbarkeit grösser, wie die weit vorgeschrittene Zersetzung mancher Abarten beweist. Die Verbreitung (am Rhein, Fichtelgebirge, Harz u. s. w., Skandinavien und England, wo sie nicht selten als „Trappe“ mit ähnlichen jüngeren Gesteinen zusammengestellt werden) ist ebenfalls gross, das Auftreten aphanitischer und porphyrischer Abarten, von denen jene meist kurzweg als Aphanite bezeichnet werden, die vorwiegend sowohl Feldspath- als Augitkrystalle enthalten können, ist wohl noch häufiger, als bei den Dioriten. Eine besondere Abart bilden die (hauptsächlich porphyrisch) entwickelten Gesteine, in welchen Uralit (die Afterbildung von Hornblende nach Augit) statt des ursprünglichen Augites auftritt, die „Uralitporphyre“ vom Ural und Südtirol. Die Zersetzung der Diabase bedingt noch das Auftreten

von Kugeln, die aus Kalkspath bestehen, und die in einer oft erdig gewordenen Diabasmasse vertheilt sind. Dies sind die Diabasmandelsteine (von Nassau, dem Harz), so genannt, weil man überhaupt die Ausfüllungen der in den basischen Massengesteinen gern sich einstellenden, bei der Besprechung der Structur erwähnten länglich-rundlichen Hohlräume vorwiegend mit dem Namen „Mandeln“ bezeichnet. Der Kalkgehalt des Gesteins, neben welchem Magnesium- und Eisencarbonat, auch Eisenoxydhydrat auftreten können, steigt zwar meist nur auf einige Procente, der Gehalt an Carbonaten überhaupt aber nicht selten bis an 10 Procente. Ganz verschieden davon sind die (besonders aus den Westalpen und dem Fichtelgebirge bekannten) Blättersteine oder Variolite, bei denen ursprünglich in der Eruptivmasse gebildete Concretionen (Kugeln) auftreten.

Den Diabasen reihen sich einige Gesteine an, welche ihrem (etwas jüngeren, darin den Porphyren entsprechenden) Alter nach mehr der später zu besprechenden Abtheilung der Melaphyre zuzugehören schienen, bis wesentliche Verschiedenheiten der mineralogischen Zusammensetzung durch die mikroskopische Untersuchung sich herausstellten. Es sind dies solche sogenannte Melaphyre, in denen abweichend von den wahren Melaphyren Olivin fehlt; hierher gehören insbesondere die „Palatinite“ der Nahegegend, deren Unterschied gegen die Melaphyre man früher in andern Merkmalen (im Auftreten von Diallag statt Augit) finden wollte. Jedoch haben diese sich nicht bestätigt, dagegen hat sich das Fehlen des Olivins als charakteristisch herausgestellt; im übrigen sind die wesentlichen und unwesentlichen Gemengtheile so ziemlich dieselben, namentlich findet sich ein etwas grösserer Gehalt an Magneteisen; auch das Auftreten von Mandeln ist öfter ein ganz ähnliches (wie namentlich bei Idar und Oberstein an der Nahe).

4. Die Grünsteine oder älteren Plagioklasgesteine mit Diallag statt des Augits oder der Hornblende oder der Biotits neben dem Plagioklas (hier Labradorfeldspath) sind die Gabbros oder Euphotide, mit welchem letzteren Namen sie in Italien belegt zu werden pflegen, wo der erstere (von L. v. Buch auf die hier genannten Gesteine angewandte) Name eine andere Lokalbedeutung hat. Diese meist haltbaren, nicht gerade an sehr vielen Stellen auftretenden, an einzelnen Punkten (Harz bei Harzburg, Neurode und Wolpersdorf in Niederschlesien, das Fichtelgebirge, Dillenburg, mehrere Punkte der Alpen, Italiens und Corsikas) aber grössere Stöcke bildenden Gesteine finden vielfach — als geschliffene Ornamentstücke, als Pflastersteine, als Chausseematerial — technische Verwendung. Sie haben einen mittleren Kieselsäuregehalt von nahezu 50 Prozenten und sind reich an allerlei Nebenbestandtheilen, unter welchen Olivin und namentlich Serpentin wohl die wichtigsten sein dürften; Magneteisen und Schwefel-

eisen (auch der sonst nicht häufig als Gesteinsbestandtheil auftretende Magnetkies) sind nicht weniger zu erwähnen. Die Structur ist fast immer körnig, öfter fein- bis mittelkörnig, als grobkörnig.

5. Eine geringere Bedeutung haben die Gesteine, in welchen neben Plagioklas (Labradorfeldspath) ein Mineral der Hyperstenreihe auftritt, die Hyperite nebst dem Enstatitfels (und Bronzitfels). Da, wo sie (Wolpersdorf, Harz) neben den vorigen sich zeigen, treten sie bedeutend zurück. Das am besten untersuchte Vorkommen ist das an der Küste von Labrador, besonders auf der Paulsinsel, wo grosse Stücke der beiden Gemengtheile, des Hypersthens (Paulits) und Labradorfeldspathes, auftreten und letztere vielfach Verwendung als Schmucksteine finden.

6. Die bereits unter der dritten Abtheilung erwähnten Melaphyre bestehen im Allgemeinen aus Plagioklas, vorwiegend Labradorfeldspath, neben welchem aber ziemlich constant Orthoklas auftritt, aus Augit, der indessen manchmal gegen die folgenden Bestandtheile zurücktritt, aus Olivin, dessen Menge zwar ziemlich beträchtlich schwanken kann, der aber nie ganz fehlt, aus ziemlich viel Magneteisen und aus einer körnigen, der der Porphyre ähnlichen, also entglasten, dichten Grundmasse. Von Abänderungen sind besonders Mandelsteine zu erwähnen, deren Ausfüllungen meist aus Quarz (Achat) bestehen und von einem erdig gewordenen Chloritmineral umhüllt zu sein pflegen; im Uebrigen kann die Structur mehr oder weniger porphyrisch sein. Die Zersetzung der Melaphyre ist in sehr vielen Fällen ziemlich weit vorgeschritten, ihre Wetterbeständigkeit im Allgemeinen nicht gross; daher auch die ursprünglich schwärzliche Farbe oft in eine schwarzbraune oder schwärzlichrothbraune verwandelt ist. Der Eisengehalt bedingt ein verhältnissmässig hohes specifisches Gewicht (von etwa 2,7); der Procentgehalt an Kieselsäure ist trotzdem meist ein wenig über 50. Der Südrand des Harzes und das Mansfeldische, der Thüringer Wald (Ilmenau u. s. w.), die mittelrheinische Gegend (neben den oben aufgezählten Palatiniten), Niederschlesien, die Alpen (Tirol), Skandinavien, der obere See und andere Punkte Nordamerikas möchten unter den ziemlich zahlreichen Vorkommnissen hervorzuheben sein. So sehr auch die Melaphyre (welche man aus diesem Grunde auch „Basaltite“, basaltähnliche Gesteine, genannt hat) den Uebergang zu den jüngeren basischen Massengesteinen bilden, so lassen sie sich doch noch weniger von den älteren scharf trennen.

7. Die letzten basischen Massengesteine älteren Datums sind die feldspathfreien, welche ziemlich constant Olivin zeigen und danach neuerdings auch als Olivingesteine bezeichnet sind. Selbstverständlich gehören dahin auch solche Gesteine, in welchen der Olivin fast oder ganz verschwunden und durch Serpentin ersetzt ist, so dass namentlich alle nicht geschichteten, sondern wirklich massig auf-

tretenden Serpentinfelsen hier einzureihen sind. Zu dieser wichtigen, aber doch im Ganzen sehr gegen die krystallinisch-schiefrig ausgebildeten Serpentine zurücktretenden Abtheilung massiger Gesteine (der z. B. die sächsischen geschichteten Serpentine nicht angehören) kommen noch einige andere Gesteine geringerer Verbreitung vor, zunächst die sogenannten Olivingabbros (vorwiegend aus Diallag und Olivin, aber auch aus Enstatit, Bronzit und Hyperit nebst Olivin, der meist zum Theil in Serpentin umgewandelt ist, die bei reichlichem Auftreten des aus dem Bronzit entstandenen Schillerspaths auch Schillerfels genannt zu werden pflegen, dann die Eklogite, welche man zwar sehr oft zu den schiefrig-krystallinischen Gesteinen rechnet, welche aber nie in sich geschichtet sind, sondern nur in nahezu parallelen Massen (falschen Schichten, eigentlichen Lagergängen) zwischen den krystallinischen Schichtgesteinen lagern; sie bestehen im Allgemeinen aus Granat und Hornblende oder Augit (oder beiden), und wird letzterer, von grasgrüner Farbe und mit den rothen Granaten besonders auffallend contrastirend, als Omphazit bezeichnet, während die Hornblende theils als gemeine Hornblende, theils als Smaragdit auftritt. Nach neueren Untersuchungen giebt es (in Sachsen) indessen auch Eklogite mit triklinem Feldspath. Ein Gestein, welches zwar meist schiefrig ist, von welchem aber doch möglicher Weise nicht geschichtete Partien abzusondern sind, und von dem letztere nach ihren Bestandtheilen (nicht, wie man öfter sagt, ausschliesslich oder fast ausschliesslich Augit, sondern ausserdem stets Olivin und meist auch Enstatit) hierher gehören würden, ist der Lherzolith oder Dunit oder der (pyrenäische und neuseeländische) Augitfels. Endlich ist noch ein (dem Alter nach streng genommen nicht hierher gehörendes) Massengestein aus Mähren, der Pikrit, zu nennen, welcher aus Olivin und Hornblende, Diallag, auch Magnesiaglimmer (Biotit) und aus Magneteisen besteht. Die Verwitterbarkeit dieser Gesteine ist fast durchgehends gross, eine technische Verwendung findet wohl nur bei den Serpentinen statt, was bei der Hauptabtheilung derselben, den schiefrig-krystallinischen, noch zu erwähnen sein wird. Der Kieselsäuregehalt pflegt 42 bis 45 Procente zu betragen.

8. Die jüngeren basischen Massengesteine unterscheiden sich (gleich den jüngeren sauren) von den älteren im Allgemeinen durch das beständige Vorkommen einer unzersetzten glasigen Grundmasse, welche meist stark vertreten und unter dem Mikroskope als einfach brechend leicht kenntlich ist. Ihre Eintheilung ist in verschiedenster Weise gemacht, früher ausschliesslich nach der Structur, in neuester Zeit aber hauptsächlich nach den zusammensetzenden Mineralien. Man begnügte sich nämlich früher, diese Gesteine (die jüngeren Trappgesteine oder die basaltischen Gesteine) in die entschieden körnigen (grob- bis mittelkörnigen) Dolerite und in die dichten Ba-

salte einzutheilen, zwischen welche man die feinkörnigen Anamesite als Zwischenglied einschob, und denen man dann noch die mit besonderen krystallischen Ausscheidungen (besonders Leucitkrystallen) versehenen Arten zugesellte. Als gemeinsamer Charakter wurde das Auftreten von Augit und Magneteisen neben triklinem Feldspath, und zwar Labradorfeldspath, oder einem den Feldspath vertretenden Silikate angegeben. Die Anwesenheit von Olivin ist aber für die Mehrzahl der hierher gehörigen Gesteine nicht minder charakteristisch; daher namentlich die eigentlichen Basalte, wie schon oben bemerkt, sich den Melaphyren nahe stellen. Dass auch noch Apatit, meist ziemlich viel, zugegen, ist minder bezeichnend. Ebenso wenig können die oft ziemlich stark vertretenen Zersetzungsmineralien, besonders die schon oben in dieser Hinsicht erwähnten Zeolithe und der Kalk nebst dem Magnesit, charakteristisch genannt werden. Unter den Silikaten, welche an Stelle des Feldspaths treten, ist der Nephelin wohl das wichtigste und hatte man daher Nephelindolerit neben den eigentlichen Doleriten zu führen, welcher namentlich an einigen Punkten in Deutschland (Katzenbuckel bei Ebersbach, Meiches am Vogelsberge, Löbau in Sachsen) auftritt. Das Mikroskop zeigte aber, dass es auch dichte Gesteine giebt, in welchen der Feldspath durch Nephelin ersetzt ist, und hatte man daher ausser den Nephelindoleriten noch Nephelinbasalte (von einigen Punkten des Thüringer Waldes, Hessens, zum Theil dicht neben jenen) zu verzeichnen, in welchen abweichend von jenen zugleich Olivin vorkommt, während Apatit in ziemlich reichlicher Menge in beiden, wie überhaupt in den Gesteinen dieser Gruppe vorhanden zu sein pflegt. Auch fanden sich mit Hülfe des Mikroskopes gemischte Nephelin- und Plagioklasgesteine dieser Art (meist ohne Olivin), die sogenannten Tephrite (und die durch geringen Olivingehalt in die Basalte übergehenden Basanite). Diesen Gesteinen reihen sich ferner die Leucitgesteine an, welche besonders in den neuen vulkanischen Massen verbreitet sind und hier ausser aus Leucit aus Augit, Olivin und Magneteisen, gewöhnlich auch Nephelin und mitunter Hauyn bestehen, und dann Leucitlaven heissen, oder zugleich aus (beiderlei) Feldspath, Glimmer und Apatit. Endlich sind noch feldspathfreie, auch leucit- und nephelinfreie Gesteine (Limburgit u. a.) zu erwähnen, in welchen ausser einer glasigen Grundmasse, welche wie in den meisten Fällen — wohl durch Eisengehalt — ziemlich dunkel gefärbt ist, nur Augit, Olivin (in einer eisenhaltigen Varietät) und Magneteisen auftritt. Die basaltischen Gesteine haben den geringsten Kieselsäuregehalt unter allen; er beträgt selten 50 Procente und wohl nur in einzelnen Doleriten ein wenig darüber (bis 52), bei manchen Leucitgesteinen 45—50, überhaupt aber in der Regel zwischen 42 und 48 und in einigen Fällen, namentlich bei Nephelingesteinen, sogar unter 40, bis zu der

oben angegebenen Minimalmenge von etwa $^3/_8$ des Ganzen. Die Verwitterbarkeit ist fast durchgehends ziemlich gross; doch werden manche der frischeren Dolerite und Basalte gebrochen und jene zu Bausteinen, diese zu Pflaster- und Chausseesteinen verbraucht. Die Absonderung, welche grade bei den doleritisch-basaltischen Felsarten (s. S. 13 u. 14) häufig ist, ist zwar in mancher Beziehung der Verwerthung hinderlich, giebt aber doch wieder Veranlassung zu manchen speziellen Anwendungen, welcher im dritten Abschnitte (Kap. 1) noch gedacht werden wird. Die oft sehr rasche Verwitterung bedingt die Fruchtbarkeit mancher Gegenden, in welchen diese Art von Gesteinen auftritt, namentlich da, wo sie als Laven der heutigen Vulkane vorkommen. Die meisten Gesteine dieser Art zeigt die sogenannte Tertiärformation. Die Basalte derselben sind in Deutschland sehr stark entwickelt; von der Lausitz an zieht mit wenigen Unterbrechungen eine Reihe von einzelnen Eruptivmassen, in welchen grade die Basalte wohl die erste Rolle spielen; nächst ihnen theils die Trachyte, theils die Phonolithe. Vorragende Basaltkuppen sind die Rhön, der Meissner, Vogelsberg, Habichts- und Westerwald, während die höchsten Kuppen im böhmischen Mittelgebirge (Milischauer) und in der Lausitz (Lausche u. a.) aus Klingstein, die des Siebengebirges vorwaltend aus Trachyt bestehen. Doch kommen mehrerlei Gesteinsarten fast überall neben einander vor. Nächstdem ist, besonders auch für Dolerit, der Nordwesten Europas, Nord-Irland, Westschottland, die Färoer, hervorzuheben, allein überhaupt sind wohl die meisten alt- und modern-vulkanischen Districte zu nennen.

9. Die basischen Glasgesteine, welche sich hier anreihen, sind sämmtlich neueren Ursprungs und heissen, da sie sich im Gegensatze zu den sauren Gläsern leicht und vollständig in Salzsäure zersetzen, Tachylyte (oder wenn basischer Wasserstoff in ihre Masse eingegangen, sie also im Kolben Wasser geben, Hydrotachylyte). Ihr Kieselsäuregehalt ist der nämliche, wie bei den vorigen, meist etwas unter 50 Procenten, ihre Verwitterbarkeit, der Löslichkeit entsprechend, gross; auch sind sie leicht schmelzbar. Diese Gesteine, welche sich zu den Basalten grade so verhalten, wie die Obsidiane und sonstigen sauren Gläser zu den Quarztrachyten und Trachyten (und wie Pechstein zum Porphyr), sind auch in ihrem Vorkommen (Mittel-Deutschland u. s. w.) mit denselben verknüpft.

II. Die geschichteten, sedimentären Gesteine

sind bereits oben ihrer verschiedenen Entstehungsart nach betrachtet und in verschiedene Reihen gestellt; den naturgemässesten Anschluss an die Massengesteine aber liefern

A. die krystallinisch-geschichteten Gesteine, der Mehrzahl nach, aber nicht ausschliesslich, ebenfalls zusammengesetzt aus mehreren Mineralien, unter welchen

1. die gneissartigen Gesteine voranzustellen sind. Hierher sind nicht nur die zahlreichen Abarten des mit dem Granit mineralogisch ganz gleich aus Quarz, Orthoklas (oft auch Plagioklas) und Glimmer (beiderlei Art, meist Kaliglimmer) zusammengesetzten Gneisses selbst zu stellen: echter Gneiss, höchst verbreitet, mit den Abänderungen des grauen und rothen Gneisses nach der Farbe des Orthoklasfeldspathes, des Augengneisses bei Einstreuung grosser, heller Feldspathkrystalle in bestimmten Lagen, des Flasergneisses, bei dem die — normaler Weise in wohlgeordneten Schichtflächen abgelagerten — Glimmerblättchen vorwiegend in mannigfach gebogenen Strängen sich zeigen, granitartiger Gneiss, in welchem nicht, wie es sonst Regel ist, der Glimmer stärker hervortritt und daher die Spaltbarkeit auch nicht so deutlich ist, ferner aber auch die Nebenarten, die statt des Glimmers andere Bestandtheile zeigen (Chloritgneiss, Talkgneiss oder Protogingneiss, Graphitgneiss, Hornblendegneiss, Gneiss mit Granat, Turmalin, Epidot, ganz besonders zu erwähnen auch noch der Cordierit- oder Dichroïtgneiss, in welchem statt Glimmer Cordierit auftritt und der mit dem zunächst zu erwähnenden Granulit z. B. in Sachsen ziemlich massenhaft auftritt). Ausser allen diesen Gneissen gehört auch dieser Granulit oder Weissstein, aus Quarz und Feldspath (Orthoklas) gebildet und daneben fast immer kleine röthliche Granatkörnchen führend, nicht selten auch Plagioklas, schwarzen Turmalin und etwas Glimmer, ein meist ziemlich feinkörniges und im äusseren Aussehen nicht selten den Quarziten sich näherndes, bei Gegenwart von Glimmer aber deutlich schieferndes Gestein hierher, das hie und da (in Sachsen nördlich vom Erzgebirge in einer besonderen Hebung, im Spessart) ähnlich dem Gneisse und mit den folgenden krystallinischen Schiefergesteinen vereinigt grössere Gebirgsmassen bildet. Ferner gehören hierher der Greisen (aus Quarz und Glimmer), der Turmalinschiefer (aus Quarz und Turmalin), der Topasfels (aus Quarz, Topas und mitunter Turmalin) nebst anderen selteneren Felsarten. Sämmtlich wenig verwitterbar, bilden diese Gesteine meist rauhen Gebirgsboden, ohne darum — gelegentlich zu Bausteinen verwandt — eine wirklich gute technische Verwendung in grösserem Maassstabe zuzulassen.

2. Die Glimmerschiefer gehen allmählig in die Gneisse über und wechsellagern nicht selten mit ihnen, sehr häufig jedoch sind in den aus beiden Gesteinen gebildeten Schichtgebirge die oberen Schichten vorwiegend aus Glimmerschiefer und den noch folgenden Gesteinen, die unteren mehr aus Gneiss gebildet. Der eigentliche

Glimmerschiefer besteht aus Quarz und gemeiniglich viel Glimmer, unterscheidet sich also vom Gneiss wesentlich durch das Fehlen von Feldspath. Der Glimmer, meist Kaliglimmer, kann gleichwohl jeder Glimmerart angehören; so hat man in den Alpen einen Natronglimmerschiefer (Paragonitschiefer), im Taunus den „Sericitschiefer“ u. a. m., und auch Magnesiaglimmer tritt nicht selten mit dem Muskowit zusammen auf. Ferner kommen manche andere Silikate (Disthen, Staurolith, Turmalin, Granat, auch Smaragd) in den Glimmerschiefern vor, in welchen ferner Talk, Graphit, Eisenoxyd (Eisenglimmer) den Glimmer ersetzen können. Durch Aufnahme von Epidot, Chlorit, Hornblende und Augitmineralien gehen endlich die Glimmerschiefer in die mannigfachen Abänderungen der Grünschiefer über, welche man namentlich in letzter Zeit in manchen Gegenden Mitteldeutschlands, auch der Alpen, neben den eigentlichen Glimmerschiefern gefunden und von ihnen unterschieden hat. Der Verwitterung wohl durchgehends stärker ausgesetzt, als die vorige Abtheilung, daher auch bei steiler Aufrichtung der Schichten zackigere, malerische Gebirgsformen bildend, findet der Glimmerschiefer technisch schon mannigfachere Verwerthung, zu Plattensteinen, gelegentlich zu Dachsteinen, Wetzsteinen.

Eine Abart dieser Gesteinsabtheilung ist auch der Gelenkquarz, der besonders in Südamerika auftretende und Diamanten und Gold führende Itacolumit, bei welchem Quarzkörner mit Talk, auch Chlorit und Glimmer, lose und in gewissem Grade beweglich verbunden sind, woher jener Name und auch der Name „biegsamer Sandstein“ rührt.

3. Eine wichtige Abtheilung in der Reihe der krystallinisch schiefrigen Gesteine bildet der Kalkglimmerschiefer, auch Blauschiefer genannt, in welchem neben Quarz und Glimmer (Muskowit) körniger Kalk auftritt, so dass er mit Säuren braust. Diese Gesteinsart ist deshalb wichtig, weil die Gegenwart des Kalkes allein die Entstehung nicht nur von ihr selbst, sondern auch aller mit ihr zusammen auftretenden krystallinischen Schieferbildungen durch Thätigkeit des Wassers beweist, und sie insofern mit den körnigen Kalken gleichwerthig wird, welche nicht minder im krystallinischen Schichtgebirge lagenweise auftreten. Diese körnigen Kalke gehen auch durch Aufnahme von Glimmer, mit welchem sie den Cipollin bilden, gradezu in die Blauschiefer (welche mit ihnen namentlich in den Alpen vorkommen) über, ebenso wie durch Aufnahme von Hornblende (als Hemithrene) in Hornblendeschiefer u. dergl. m. Hinsichtlich ihres Verhaltens nähern sich die Kalkglimmerschiefer je nach der Menge des Kalkes entweder mehr den körnigen Kalken oder den Glimmerschiefern.

4. Die quarzitischen Gesteine sind im Allgemeinen aus blossem Quarze gebildet, daher das erste Beispiel eines einfach krystallinischen Gesteines, das indessen doch naturgemäss und zugleich auf Grund

mehrfacher Uebergänge nirgend anders, als in die vorliegende Gruppe gestellt werden kann. Der reine Quarzfels, ein krystallinisch körniger bis dichter Quarz mit allen Eigenschaften des letzteren, graulich oder gelblich weiss, eigentlich ein Gemenge von Quarzkörnern mit dichter Quarzmasse und daher in die Sandsteine mit quarzreichem oder ganz aus Quarz bestehendem Bindemittel (in die quarzitischen Sandsteine) übergehend, bildet unverwitterbare, feste und harte, dem Durchbohren besonders grossen Widerstand entgegenstellende Bänke in den Schichtsystemen krystallinischer Art. Mineralogisch gehören einzelne Sandsteinbildungen sehr jungen Alters (z. B. die chalcedonartigen, mit reinem dichtem Quarz verkitteten Sandsteine der oberen Kreideformation in Böhmen und am Harze, manche Süsswasserquarze und andere Sandsteine der Tertiärbildungen u. a. m.) ebensowohl hierher. Der Kieselschiefer zeigt die geschichtete Structur noch deutlicher, er ist gradezu schiefrig, dabei grau bis schwarz, was durch beigemengte organische (kohlige) Theile veranlasst ist. Auch er besteht im Wesentlichen aus dichtem Quarz und zeigt dessen Eigenschaften, Unschmelzbarkeit u. s. w., wenn er auch manchmal Verunreinigungen (Thonerde, Eisenoxyd, seltener Schwefelkies u. a. m.) führt. Eine häufige Erscheinung an den — unverwitterbaren, schwer zerfallenden — Kieselschiefern ist, dass sie mit feinen, weissen Quarzäderchen mannigfach durchzogen sind. Sie finden sich ziemlich mächtig in älteren versteinungsführenden Schichtgebirgen, keineswegs vorwiegend im krystallinischen Schichtgebirge. Die Verwendung des Kieselschiefers ist keine sehr ausgedehnte, doch wird (wie schon oben erwähnt) derselbe als Probirstein (Lydit), auch als Wetzstein u. dergl. verwerthet. Der Hornstein ist ein unreines Gestein, das aber durch Infiltration seiner überwiegenden Masse nach geradezu in Kieselsäure (dichten Quarz) verwandelt ist. —

5. Die übrigen hierher zu rechnenden einfach krystallinischen Gesteine (die einfachen krystallinischen Silikatgesteine) sind der Hornblendeschiefer oder Amphibolit — aus strahliger oder blätteriger Hornblende, von Härte 5 bis $5^1/_2$, Gewicht an 3, meist dunkelgrün bis schwarz, manchmal aber feldspathige und andere Theile enthaltend —, der Chloritschiefer — zumeist aus Chlorit, aber auch mit feldspathigen, quarzigen und anderen Beimengungen, weich, grünlich, meist gebändert —, der Talkschiefer — vorwiegend aus Talk, aber auch selten rein, meist grünlich weiss, weich, fettig anzufühlen —, der (schiefrige und geschichtete) Serpentinfels — vorwiegend aus Serpentin bestehend, von Härte 3—4, matt, meist dunkelgrün, fast unschmelzbar, mit Asbest, Serpentinasbest, Granat (Pyrop), Talk, Enstatit, Schillerspath und anderen Mineralien verunreinigt, nebst dem selteneren (unzersetzten) Olivinfels, sofern derselbe geschichtet-krystallinisch ist —, endlich auch der geschichtete (schiefrige) Augitfels, dessen Zusammensetzung (Augit mit Olivin und Enstatit) bereits besprochen ist. Alle

diese Gesteine werden gelegentlich technisch (zu Bausteinen, besonders die Chloritschiefer zu ornamentalen Stücken, ferner zu Steinutensilien, Töpfen u. dergl.) verwandt, in grösserem Maassstabe aber wohl nur der Serpentin, den man trotz mancher Nachtheile, namentlich trotz seines nicht völlig sicheren Verhaltens in höherer Temperatur und trotz seiner geringen Haltbarkeit, hauptsächlich wegen der Leichtigkeit, mit welcher er sich schneiden und poliren lässt, in grösseren Mengen zu Steingeschirren u. dergl. verarbeitet, nächstdem der Chloritschiefer, von welchem man eine dichte Abart als Topfstein (Lapez) bezeichnet. Die Verwitterbarkeit ist beim Serpentin geringer als bei den übrigen, beim Chlorit wohl am grössten. — Es liegt auf der Hand, dass die hier besprochenen einfachen krystallinischen Gesteine durchaus von den später zu besprechenden zu trennen sind. Sie sind so zu sagen im Wasser ausgeschlemmtes krystallinisches Material, das, wie es bei den Schlemmprozessen der Fall zu sein pflegt, gesondert ist; dabei findet indessen keineswegs eine vollständige Sonderung statt, und die Menge der Nebenbestandtheile ist immer eine viel grössere, als bei den später zu besprechenden einfachen krystallinischen Gesteinen im engeren Sinne, zu denen auch die quarzitischen ihrer Structur halber nicht zu rechnen sind. —

6. Dagegen kann eine Kategorie von Gesteinen im Grunde nur hier angereiht werden, die Tuffe der massigen Gesteine, d. h. Gesteine aus den bis aufs feinste zerriebenen und stellenweise im Laufe der Zeit umgewandelten, oft aber auch in Krystallform gebliebenen und durch dieselbe kenntlichen Bestandtheilen bestimmter Massengesteine bestehend, welche im Wasser geschichtet sind. Ja man könnte vielleicht die Gneisse, Grünschiefer u. dergl. als solche Tuffbildungen der ältesten Massengesteine am allerbesten erklären, wobei nur der Quarz als Bindemittel derselben zu berücksichtigen wäre und eine Abweichung von den späteren Tuffen bedingte, da deren Bindemittel meist thonig, in manchen Fällen allerdings auch — wie beim Blauschiefer — kalkig oder doch halbkalkig ist. Die Tuffe haben in der Nähe der Massengesteine, welchen sie ihren Ursprung verdanken, oft eine grosse Ausbreitung und ziemliche Mächtigkeit. Schichtung und gelegentlich (wenn auch selten) in ihnen auftretende Versteinerungen weisen ihnen einen Platz unter den Sedimentärbildungen an, und wenn flächenartige Ausbreitungen der Massengesteine (Lagergänge) zwischen ihnen auftreten, so sind dieselben durch ihre massige, ungeschichtet-krystallinische Structur immer wohl unterscheidbar, so z. B. die Porphyrlagen zwischen den Tuffen der Porphyre (den Thonsteinen) in Sachsen. Da man das Massengestein fast immer deutlich erkennen kann, aus welchem die Tuffe gebildet sind, und meist nur eines derselben die Entstehung derselben veranlasst hat, so benennt man die Tuffe in der Regel nach jenem Massengesteine und stellt sie als „mo-

nogene“ [1]) Sedimentärgesteine denen gegenüber, bei welchen ein Ursprung der einzelnen Theile (des Thons, Kalkes, Sandes) nicht mehr erkennbar oder sicher als ein mannigfacher nachzuweisen ist. Da jedoch auch noch Trümmergesteine vorkommen, welche ebensowohl nur auf einerlei Gestein als Ursprungsgestein zurückzuführen sind, so ist diese Bezeichnung nicht ganz charakteristisch. Die hauptsächlichsten Tuffarten sind Diabastuffe nebst den „Schalsteinen“ oder Blattersteinschiefern, d. h. kalkreichen Diabastuffen, und den Diorittuffen, beide an die Grünschiefer anknüpfend, dann die sehr wichtigen Porphyrtuffe, welche man früher „Thonsteine“ nannte, und welche z. B. im Zeisigwalde bei Chemnitz in ausgedehnter Weise zu grossen Werkstücken und gewöhnlichen Bausteinen verwandt werden (hier sind sie fest und relativ wenig verwittert, in anderen Fällen entsprechen sie durch höheren Gehalt an Thon ihrem älteren Namen besser), dann die Trachyttuffe (z. B. im Siebengebirge, auch in Island, Italien sehr verbreitet) nebst den Bimssteintuffen und den Trassen, Puzzolanerden u. s. w., deren Verwendung zu Wassermörtel später ausführlich zu erörtern sein wird, die Phonolithtuffe (an der Rhön u. s. w.), die Basalttuffe, in den Basaltgebirgen (Vogelsberg, Habichtswald, Rhön, Böhmen) mächtig entwickelt, nebst den sicilischen Palagonittuffen, dem römischen Peperin. Es ist dabei im Ganzen nicht von Bedeutung, ob die vulkanischen Produkte später vom Wasser angegriffen und zerkleinert oder gleich unter Wasser ergossen oder in feiner Vertheilung früher oder später ins Wasser gerathen sind; immer sind sie im Wasser vertheilt, von diesem geebnet und abgesetzt, daher geschichtet, und das ist der wesentliche, auch hinsichtlich des Verhaltens gegen die Witterungseinflüsse und hinsichtlich der praktischen Verwerthung nicht bedeutungslose Unterschied dieser Gesteinsabtheilung von den ihr der Natur der Sache nach ganz ähnlich zusammengesetzten Massengesteinen.

7. Endlich bilden den Uebergang von der Abtheilung der krystallinischen Gesteine zu der nächstfolgenden die krystallinischen Thonschiefer (Urthonschiefer, älteren Thonschiefer), besser Thonglimmerschiefer benannt oder, wie man sie jetzt meist mit einem kürzeren Namen bezeichnet, die Phyllite. Dieselben enthalten ausser Thon und an Menge überwiegend ein glimmer-, chlorit- oder talkartiges Mineral, auch Quarz; die Schieferstructur ist vollkommen entwickelt, die Verbindung der Gemengtheile in der Regel so innig, dass man zu ihrer Unterscheidung das Mikroskop zu Hülfe nehmen muss. Chlorit und Quarz pflegen als feiner Staub aufzutreten, der Glimmer (oder Talk) in sehr kleinen Blättchen oder Schüppchen; die Spaltungsflächen haben meist lebhaften Perlmutter- oder Seidenglanz und sehr häufig

---

1) Auf einerlei Wege entstandene Gesteine, im Gegensatz zu „polygenen“, auf vielerlei Wegen gebildeten.

besondere Zeichnungen, durch zersetzte (eisen- und manganhaltige) Mineralien veranlasst, welche die Benennungen Knoten-, Frucht-, Fleck- und Garbenschiefer veranlassen. Von fremdartigen Beimengungen ist wohl Chiastolith (im Fichtelgebirge, West- und Südfrankreich etc.) hervorzuheben. Die Farbe ist meist grau, grünlich, auch bläulich, seltener bräunlich. Diese Phyllite sind, übrigens mit den Hornblende-, Glimmer- und Grünschiefern, auch Quarziten und Gneissgesteinen in Wechsellagerung tretend, zumeist gewöhnlich das oberste Glied der krystallinischen Schieferformationen und umgeben daher die zu unterst aus Gneiss, dann vorwiegend aus Glimmerschiefer gebildeten Ablagerungen als äusserster Rand. Verwitterbarer als die übrigen krystallinischen Schiefer werden sie verhältnissmässig wenig, gewöhnlich nur in örtlich beschränkter Weise als Platten-, Dach- und sonstige Bausteine verwerthet.

B. Die pelitischen Gesteine, der Rest der hauptsächlich durch chemische Zersetzung, Verarbeitung und Transport der feineren Theile durch Wasser hervorgebrachten Bildungen, schliessen sich durch ihre hauptsächlichsten Vertreter unmittelbar hier an. Es sind dies

1. die Thone, zu denen — abgesehen von dem ohne Transport, durch blosse Verwitterung thonhaltiger Silikate und Silikatgesteine entstandenen Kaolin, der sonst wenig verunreinigten, daher auch hellfarbigen, meist weissen, aber wohl stets noch etwas unzersetzte Silikate (Feldspath) führenden Porzellanerde — eine lange Reihe von sedimentären Bildungen jeden Alters gehört, meist dunkel gefärbt, theils durch Gehalt an Schwermetallverbindungen (Eisenoxyduloxyd, auch Manganerze, besonders Braunstein und Wad, namentlich aber fein vertheiltes Schwefeleisen), theils durch organische, kohlige Stoffe, fast immer stark verunreinigt. Namentlich fehlt den jüngeren Thonablagerungen sehr selten ein geringer Procentsatz an Kalk; auch kommt sowohl der Kalk, als der Schwefelkies in beiderlei Krystallform in grösseren Stücken gern in ihnen vor, wobei entweder der Kalk oder der Eisenkies zu überwiegen pflegt. Organische Beimengungen sind es, welche den eigenthümlichen Geruch veranlassen, den beim Reiben, Schlagen und Befeuchten der Thon zeigt.

Die Thone sind in der Regel um so fester, zugleich aber auch um so feiner den Schichtflächen nach gesondert (geschiefert), je älter sie sind. Dass das Festwerden durch Infiltration gelöster Stoffe sowie durch Druck diese Schieferung befördert, möchte kaum zu bezweifeln sein; jedoch ist Näheres über diese Vorgänge — neben welchen, wie oben berührt, eine oft sehr regelmässige Sonderung nach anderen Richtungen, eine falsche Schieferung einhergeht — noch nicht ermittelt. Die ältesten Thonschiefer, auch wegen ihrer häufigen Anwendung als Dachsteine mit dem Namen Dachschiefer belegt, haben noch manche der Bestandtheile der Phyllite, Blättchen eines glimmerartigen oder

auch talkartigen Minerals, jedoch minder vorragend und häufig. Daneben treten aber gewisse nadelförmige Kryställchen von mikroskopischer Kleinheit ein, welche zwar auch noch in jüngeren Thonschiefern auftreten, aber um so mehr an Menge abnehmen, je jünger das Gestein ist. Die Hauptmasse des letzteren besteht immer aus den feinen Partikelchen des Thones (basisch-hydratischen Thonerdesilikates). Die schiefrige Structur und die Festigkeit der Thone nimmt im Allgemeinen ganz schrittweise mit dem Fortschreiten der Sedimentärbildungen ab. Die Thone aus den mittleren Schichtensystemen sind oft noch fest beim Brechen, werden aber bald weich und mürb, um so rascher, je kalkärmer sie sind; die der jüngsten Formationen sind zwar nicht durchweg (denn auch in jüngerem Gebirge kommen unter besonderen Verhältnissen, namentlich in den Alpen, feste Schiefer, sogar Dachschiefer vor), aber doch meistens von Anfang an weich und, wie der Thon überhaupt im frischen Zustand, plastisch, d. h. mit Wasser zusammen knetbar und formbar. Die hauptsächlichste Verwendung des Thones, aus welchem Gegenstände der verschiedensten Art geformt werden, um dann im Feuer erhärtet zu werden, basirt eben auf dieser Eigenschaft und auf der mit diesem wichtigen Mineral beim Erhitzen vor sich gehenden bedeutenden Veränderung. Ausserdem möchte die in manchen Gegenden (England, Harz, Rhein u. s. w.) in grösstem Maassstabe betriebene Dachschieferindustrie und die Herstellung von Schieferplatten zu sonstigen Zwecken (Schreibtafeln, Plattensteinen, besonders ornamentaler Art) anzuführen sein, auch die Herstellung von Griffeln oder Schreibstiften für die Schiefertafeln (Thüringen), die Anfertigung schwarzer Farbstifte zum Zeichnen aus mürben, schwarzen Thonen, endlich die Verwendung des mit Wasser angerührten rohen Thones, welcher undurchlässig für Wasser ist, zum Dichten von grösseren Wasserbehältern im Freien, von Baugruben im Wasser u. dergl. m.

Die gemengten Thongesteine geben die nächsten, ebenfalls wichtigen Abtheilungen, zunächst

2. die Mergelgesteine, welche im Wesentlichen Gemenge von Thon und Kalk sind, aber auch Sand (Quarzsand) enthalten können, danach eine sehr grosse Reihe gemengter Sedimentgesteine enthalten. Sie nähern sich in ihren Eigenschaften mehr den Thonen (oder thongemengten Sanden) oder dem Kalke, je nachdem dessen Gehalt grösser oder geringer ist. Im Allgemeinen rechnet man zu den Mergeln erst die mit einem Kalkgehalte von etwa 15 Procenten (wenigstens immer mit mehr als 10 Procenten) versehenen Gesteinsarten und nennt Thone mit weniger als 10 Procent Kalk auch kalkige oder kalkhaltige Thone (oder Mergelthone). Dann folgen die Thonmergel mit 10 (oder nach Anderen 15) bis 25 Procenten Kalk mit ihrer quarzsandhaltigen Abart der Lehmmergel mit ebensoviel

Kalk und einem erheblichen Quantum Sand (nicht unter 25 Procenten), die gemeinen Mergel mit 25 bis 50 Procenten Kalk, dem aber fast immer etwas Magnesiumcarbonat (Dolomit) zugesetzt ist, und mit 50 bis 75 Procenten Thon, und endlich die Kalkmergel mit mehr als 50 Procenten Kalk, welche gewöhnlich bei einem Kalkgehalte von 70 Procenten gegen die Mergelkalke abgegrenzt werden. Diese Mergelkalke haben dann bis 90 Procent Kalkgehalt, über welchem Satze man nur von verunreinigten (thonhaltigen u. s. w.) Kalken redet. Zu den Thonmergeln und gemeinen Mergeln gehören auch die Schiefermergel und Mergelschiefer der mittleren Formationen, welche sich durch Festigkeit (wenigstens frisch gebrochen) und schiefriges Gefüge auszeichnen. Das Zerfallen der Mergel an der Luft wird besonders durch das Zerfrieren veranlasst und ist Folge der hygroskopischen Eigenschaften und starken Wasserhaltigkeit des Thones. Dasselbe ermöglicht auch die Anwendung des Mergels, dessen günstige Eigenschaften für den Landbau überhaupt von hervorragender Wichtigkeit sind, zu künstlicher Düngung (Mineraldüngung). Kalkmergel werden ausserdem zu Cement verarbeitet. — Von Abarten sind Dolomitmergel, mit grösseren Mengen Magnesiumcarbonates, das wohl immer mit dem Kalkcarbonate zu Dolomit vereinigt ist (bis zu 40 Procenten), Sandmergel, in mergelige Sandsteine übergehend, mit grösserem Gehalte von Quarzsand, eisenschüssige Mergel mit bedeutenderem Gehalt an Eisenoxydhydrat oder auch Eisenoxyd, Gypsmergel, mit Gyps gemischt, oft auch Gyps statt Kalk führend. Den Löss für welchen der Thon- und überwiegende Kieselsäure- (Quarz-) Gehalt wesentlicher ist, scheint es gerathen, hier nicht anzureihen, obwohl er im frischen Zustande einen constanten Kalkgehalt von mehr als 10 Procenten besitzt.

3. Die Lehme und Letten sind Gemenge von Thon mit Quarzsand, durch — sehr häufig stattfindende — Kalkaufnahme in Mergel übergehend. Auch diese Gesteinsart, meist wenig fast, ist für den Ackerbau von Bedeutung und dient ihr Gehalt an Kieselsäure, der mindestens zu 15 Procenten Quarzsand und ebensoviel feinem Kieselmehl anzunehmen, wesentlich dazu, die dem Landbau ungünstigen Eigenschaften des Thones — Undurchlässigkeit, Wasserhaltigkeit — zu mindern. Eisen ist wohl immer, und dabei fast ausschliesslich als gelber Eisenoker (Eisenoxydhydrat) im Lehm enthalten; der Gehalt an solchem Eisenoker beträgt in der Mehrzahl der Fälle 7 bis 10 Procente. Unter 30 Procenten totalen Quarzgehaltes rechnet man die Mischung noch zu den Thonen und unterscheidet die mit 15—30 Procent Quarz (Sand und Staub zusammen) versehenen gemeinen Thone von den strengen, welche unter 15 Procent Quarz besitzen. Dagegen rechnet man ein Gemenge, das über 70 Procente Quarz enthält, zu den unten zu besprechenden Sanden oder Sandsteinen; in Folge dessen kann auch

4. der Löss hier aufgeführt werden, obwohl er nach vielfach bestätigten Angaben etwa 8 Procente Aluminiumsesquioxyd (Al_2O_3) enthält, was nur einem Gehalte an Thon ($H_2Al_2Si_2O_8 + aq$) von etwa 20 Procenten entspricht; denn neben diesem führt der Löss etwa 14 Procente Kalk (wobei etwa $^1/_2$ Procent kohlensaure Bittererde eingerechnet ist) und auch einen in den oben angegebenen Grenzen sich haltenden Eisenokergehalt von etwa 9 Procenten, endlich einige Procente Alkalien und nicht an Kohlensäure gebundene Magnesia, wohl Reste unzersetzter oder halbzersetzter anderer Silikate. Daraus geht hervor, dass der Quarzgehalt auch nach Abzug des für letztere Basen nöthigen Kieselsäurequantums erheblich grösser ist, als es bei dem feinen, gleichmässigen Korne des Löss den Anschein hat, dass er aber doch nicht so gross ist, dass der Löss gradezu in die Kategorie sandiger Gesteine gebracht werden könnte. Der Gehalt an freier Kieselsäure (Quarz) stellt sich nämlich auf etwa 50 Procente.[1]) Hierdurch und durch den Kalkgehalt, dem der Löss auch die häufig in ihm vorkommenden Concretionen aus Kalk (Lössfiguren, Lösskindel) zu verdanken hat, sowie durch die unten zu besprechende Entstehungsart dieser lange räthselhaft erschienenen Bildung möchte ihr Verhalten durchaus zu erklären sein. Gleich den lehmigen Mergeln ist der Löss als eine der allergünstigsten Bodenmassen anzusehen. Es mag hier gleich bemerkt werden, dass für seine Entstehung der Transport durch Wind (subaërischer Transport) von Belang ist.

C. Die kalkigen und die ihnen verwandten Gesteine sind der Kalk, Dolomit und die Eisensteine.

1. Der Kalk, dessen Abgrenzungen gegen die mit ihm gemengten Gesteine so eben, dessen Hauptarten bereits früher berücksichtigt sind, giebt — als Marmor — Ornamentstücke, Material für Bildwerke, ferner Bausteine, Mörtelmaterial, Mineraldünger, ist Desinfectionsmittel, wird bei der Glasbereitung sowie beim Bereiten der Metalle (als Schlackenzusatz) benutzt. Auch als Bodenbestandtheil wichtig, gehört er demnach zu den im Folgenden zu allermeist zu berücksichtigenden Stoffen. Er ist das häufigste der einfachen krystallinischen Gesteine, bildet grosse Gebirgsmassen und hat insofern einen gemeinsamen Ursprung, als er nur aus Wasser abgeschieden sein kann, und als die Bildung des kohlensauren Kalkes die der Kohlensäure direkt oder indirekt aus organischen Vorgängen voraussetzt. Ob nun aber der Kalk in den einzelnen Fällen einfaches Zersetzungsprodukt gewisser Silikate durch die (in der Luft, im Wasser zugeführte) Kohlensäure

---

1) Analyse Bischof's von Rheinlöss, den man als richtiges Beispiel anerkennen muss: 62,3 Kieselsäure, 7,96 Thonerde, 0,09 Magnesia, 2,31 Kali und Natron, 7,89 Eisenoxyd, 13,81 Kalk, 0,53 kohlens. Magnesia, 5,11 Verlust. Andere Analysen weichen im Ganzen wenig ab.

ist, oder ob er erst wieder aus dem Wasser, in dem er gelöst gewesen, in grösseren Mengen unter Mittwirkung der Thierwelt des Wassers niedergeschlagen und ausgeschieden ist, das bedingt wesentliche Verschiedenheiten. Zugleich sind erklärlicher Weise auch ungelöste Kalktheile im Wasser fortgeführt, die sich mit dem feinen Niederschlage und mit den im zweiten Falle stets vorhandenen Thierschalresten mengen; diese Kalktheile können grösser oder kleiner sein, Kalksteine, Kalkstaub. Dass dieselben auf die Eigenthümlichkeit der Abarten grossen Einfluss haben, braucht kaum erwähnt zu werden; ebenso ist dies in hohem Maasse mit den Beimengungen der Fall, von welchen die organischen noch besonders zu erwähnen sein dürften. Dieselben veranlassen nicht nur in den allermeisten Fällen die manchen Kalken eigenthümlichen dunklen (meist grauen oder schwarzen, beim kohlereichen Anthraconit kohlschwarzen) Färbungen, sondern auch einen durch Geruch beim Schlagen, Reiben, Erwärmen sich zu erkennnn gebenden Gehalt an Kohlenwasserstoffen, der den betreffenden Kalken (den bituminösen Kalken) den Namen „Stinkkalk“ verschafft hat. Auch Mergel haben diesen Bitumengehalt nicht selten. Sehr häufig ist die oolithische Structur und zwar in den allerverschiedensten Graden, vom groben Erbsenstein oder Pisolith bis zu den feinen versteckt oolithischen Kalken hinab. Die Reste organischen Ursprungs, Kalkschalen und Kalkgehäuse, bedingen manche Namen, z. B. den des Korallenkalkes, des Muschelkalkes, des durch viele eckige Schalreste auf den Bruchflächen rauhen Grobkalkes. Diese Muschelreste sind oft noch mit dem ihnen eigenthümlichen Perlmutterglanze versehen (beim Lumachellenkalk oder Muschelmarmor, auch Pfauenschweifstein, besonders der steirischen Alpen); manchmal aber sind die Schalen selbst entfernt, ihre Formen als Hohlräume oder als Kalkspathausfüllungen zurücklassend. Solche Kalkspathausfüllungen zeigen nicht selten auch die unregelmässigen Klüftungen (geäderte Kalksteine), und diese geben denn auch eine Erklärung für die schliesslich vollständige Umänderung der ursprünglich im Wasser als sehr feine (dichte) Kalke abgelagerten Bildungen in gröbere krystallinische (körnige Kalke). Der Schliff ist im Allgemeinen bei den gleichmässigen und reinen dichten Kalken (die dann den gemeinen Marmor geben) am besten anzubringen; doch lässt sich auch körniger Kalk (bei reiner weisser Farbe edler Marmor) schleifen. Die kalkigen Gangausfüllungen, welche noch im folgenden Kapitel zu betrachten sein werden, sind, wie dies aus ihrem Entstehen durch Infiltration erklärlich, meist körniger Kalk, doch auch mitunter grobkrystallisch, wie denn die Hohlräume in Gesteinen bei kalkiger Ausfüllung ebenfalls vorwiegend durch grössere Krystalle (Drusen) ausgekleidet sind. Die Uebergänge des körnigen Kalkes in andere krystallinische Gesteine (in Hornblendeschiefer, Kalkglimmerschiefer), die Uebergangsgesteine selbst und die häufigen Fälle des Zusammen-

vorkommens mit jenen anderen krystallinisch-schiefrigen Bildungen sind bereits besprochen; ebenso anderseits das Verhältniss der Kreide und der Kreidemergel und der verschiedenen Süsswasserkalke zu den übrigen. Beimengungen von Kalk zu Sandsteinen und Conglomeratgesteinen (als Bindemittel) werden im folgenden zu berücksichtigen sein. — Die Löslichkeit des Kalkes in kohlensäurehaltigem Wasser, welche auch bei den nächstfolgenden Gebirgsarten zu erwähnen, bedingt den Höhlenreichthum mancher Kalkgebirge, d. h. die Auslaugung längerer, unregelmässig begrenzter Räume, durch welche die unterirdischen Wässer sich ergiessen.

2. Der Dolomit entsteht in der nämlichen Weise überall da, wo aus irgend einem Grunde eine reichlichere Zufuhr von Magnesium stattfindet, daher z. B. neben den an Magnesiumsilikaten reichen tirolischen Massengesteinen; auch die fränkischen, norddeutschen und englischen Dolomite finden sich in nicht erheblicher Entfernung von Eruptivmassen. Der Zufuhr von Magnesia steht indessen die Abfuhr des in kohlensäurehaltigem Wasser ziemlich leicht löslichen Kalkes zur Seite, und das Resultat ist zuletzt die Bildung des sogenannten Normaldolomites, des schwer löslichen Kalk-Magnesium-Doppelcarbonates. Indessen ist dies in der Mehrzahl der Fälle nicht völlig rein hergestellt, und gehen (vgl. oben) die Dolomite durch dolomitische Kalke allmählig in die gewöhnlichen Kalke über. — Der Dolomit ist wichtiger Baustein, und namentlich ist er im Wasser viel haltbarer als Kalk. Er dient ferner zur Bereitung einer besonderen Mörtelart; seine Verwendung zu eigentlichen Cementen ist eine (vielleicht unverdienter Weise) minder ausgedehnte. Seine Verbreitung in den verschiedenen Formationen und Gebirgen steht wohl der des Kalkes nach, ist aber doch eine sehr grosse.

3. Die Eisensteinablagerungen, zu denen die des Eisenspathes und der verschiedenen oxydischen Eisenverbindungen gehören, sind gleichfalls einerlei Ursprungs mit dem Kalke und sehr häufig aus ihm gradezu entstanden. Auch hier ist das leicht im kohlensäurehaltigen Wasser lösliche Kalkcarbonat in den — wohl stets etwas Eisen, manchmal auch grössere Quanta desselben führenden — Tagewassern und Infiltrationswassern aufgelöst und weggeführt und dafür die entsprechende Eisenverbindung niedergefallen. Nur so erklärt sich die gehäufte Masse von Eisen in manchen Schichten auf grössere oder kleinere Distrikte hin, die aber doch immer eine örtliche Umgrenzung haben. Denn die eisenschüssigen Schichten pflegen in weiteren Entfernungen in minder eisenreiche umzusetzen, namentlich in solche, die kalkige Bildungen ganz ähnlicher Form haben. So sieht man z. B. innerhalb der Formation des unteren Jura (des Lias) in Norddeutschland unreine Oolithe in oolithischen Rotheisenstein übergehen; an anderen Stellen gewöhnliche Kalkmergel in eisenschüssige Mergel. Auch

die Bohnerze haben dieselbe Entstehung. Dass dabei nur unter besonderen Verhältnissen (bei Anwesenheit desoxydirender Stoffe, wie in der Steinkohlenformation Englands und Westfalens, siehe oben) der Spatheisenstein, d. h. das Eisencarbonat bestehen blieb, ist vollkommen erklärlich; auch die Verschiedenartigkeit der Bildung bald des Eisenoxydhydrates, bald des Eisenoxydes durch die Oxydation lässt sich unschwer als Folge einer geringeren oder grösseren Menge von Wasser absorbirenden Stoffen deuten. Schwerer jedoch scheint das im krystallinischen Gebirge (Gneiss u. s. w., z. B. in Skandinavien, Amerika) häufige und oft massenhafte Auftreten des Eisenoxyduloxydes (Magneteisenerzes) erklärbar zu sein, da dies Erz unter gewöhnlichen Verhältnissen an der Luft sehr leicht in oxydische Verbindungen (rothen oder gelben Oker) übergeht oder „rostet." Wenn man jedoch, wie nicht anders thunlich, die Entstehung auf ähnlichem Wege, wie beim Spatheisenstein annimmt, so bedarf es nur der ferneren Annahme des Eintretens gewisser Momente, welche das rasche und vollständige Oxydiren hinderten, um die minder vollkommene und doch schon ziemlich stabile Oxydationsstufe motivirt zu finden, welche diese Eisenerzlagen des krystallinischen Gebirges erreichten; und solche Momente sind in Gestalt einer lange Zeit ununterbrochenen Bedeckung durch Wasser, sowie einer alsbaldigen Bedeckung durch andere Gesteine auch bestimmt vorhanden gewesen. Auch darf man die — wenn auch nur durch schwache Spuren noch kenntliche, doch unbedingt in ziemlich reichem Maasse anzunehmende — Gegenwart organischer Stoffe nicht unterschätzen, denen ja die in denselben Formationen auftretenden Graphitlager und Graphitbeimengungen ebenfalls ihren Ursprung verdanken.

D. Dass die salinen Gesteine ihren Ursprung dem Niederschlage aus verdunstendem Meerwasser verdanken, ist ebensowohl eine nunmehr anerkannte Thatsache, als dass dies Niederschlagen ein sehr allmähliges und dabei oft wiederholtes war, und dass für sein Zustandekommen keine ungewöhnlich hohe Temperatur angenommen zu werden braucht. Klassificiren wir diese Gesteine nach der Reihenfolge, wie sie sich aus dem Seewasser niederschlagen, so haben wir unter ihnen

1. Gyps, als Baustein, Mörtelmaterial, Ornamentstein und Surrogatstein, sowie als Mineraldünger wichtig, äusserst verbreitet;

2. Anhydrit, dann an Stelle des Gypses niederfallend, wenn die Verdunstung weiter fortschritt und die folgenden, leichter löslichen Salze wasserentziehend wirkten, in seinem geologischen Verhalten schon oben charakterisirt, nicht zu Mörtelbereitung, wohl aber ebenso wie Gyps zur Mineraldüngung verwerthbar, als Baustein kaum in Betracht zu ziehen;

3. Steinsalz, eines der Hauptobjekte des Bergbaues, gradezu als mineralisches Nahrungsmittel zu bezeichnen (ausserdem als Conservirungsmittel für Speisen, äusserliches und innerliches Heilmittel, in der chemischen und sonstigen Industrie, auch als Düngmittel, angewendet). Die Verbreitung ist eine ziemlich grosse, doch ungleiche; Deutschland und Westeuropa ist z. B. reich an Steinsalz, Skandinavien durchaus arm. Die Löslichkeit bedingt da, wo Wasserzulauf vorhanden, das Auftreten salziger Quellen; die eigentlichen Steinsalzlager finden sich in relativ trocknen Gebirgsschichten, und sind im Ganzen minder ausgedehnt, als die Gypsgebirge.

4. Die Abraumsalze, zu chemischen Zwecken und besonders als Düngmittel wichtig, werden erklärlicher Weise am wenigsten allgemein erhalten.

Alle diese Hauptarten kommen selbstverständlich mit einander vor, doch so, dass hier die eine, dort die andere überwiegt. Die Löslichkeit ist selbst beim Gypse noch leidlich gross, und aus diesem Umstande wird ebensowohl, wie durch die Möglichkeit eines Zusammenvorkommens mit Salz u. s. w. die ausgedehnte Höhlen- und Erdfallbildung im salinen Gebirge erklärt.

Die Häufigkeit der salinen Ablagerungen in bestimmten Formationen, unter denen die des Zechsteins, dann die des Buntsandsteins, Muschelkalks und Keupers, endlich wieder eine der jüngeren Abtheilungen des Tertiärgebirges für Deutschland am wichtigsten, wird im Folgenden noch zu erörtern sein. Hier möge nur erwähnt werden, dass nothwendiger Weise solche Bildungen in jedem einzelnen Lande grössere Salzlager hervorbringen konnten, in deren Epoche dort eine vorwiegende Landhebung (mit Schwankungen und Wechsel) stattfand; denn nur dann war die Möglichkeit gegeben, dass Meerestheile abgesperrt und, falls sie trocknem Winde ausgesetzt und von beträchtlicheren Zuflüssen abgedämmt waren, zur Verdunstung gebracht werden konnten. Solche örtlich über ganze Länder, ja sogar Continente ausgedehnte Hebungen — oder Senkungen — weist die Geologie für alle Zeiten der Erdbildung und bis in die Gegenwart nach, und ist die Entstehung der Salzlager einer der schlagendsten Beweise für ihre grosse Wichtigkeit.

E. Die Trümmergebilde, auch klastischen Gesteine, theilen sich ganz naturgemäss in grobe, aus grösseren Gesteinsstücken bestehende, die dann theils aus diesen allein, theils auch aus feineren gebildet sind, die Conglomerate, Gerölle, Geröllsteine, und in feinere Sande und Sandsteine, und beide zerfallen in solche, welche ein festigendes Bindemittel haben, und in lose, lockere Bildungen. Ferner aber kommt die Natur der einzelnen Stücke namentlich bei den gröberen Trümmergebilden in Betracht, indem bei diesen die Gesteine, aus denen sie entstanden sind, in vielen Fällen noch kenntlich sind, auch

die Form derselben, ob eckig oder gerundet. Letzteres ist der überaus häufigste Fall, da das Wasser stets eine Rundung (Rollung) oder bei ganz groben, minder beweglichen Stücken (Geschieben) doch wenigstens eine Abrundung der Kanten bewirkt. In vielen Fällen kommt auch die Wirkung des transportirenden Eises (Ritzung; zugleich auch Glättung der Flächen, doch keine eigentliche Rollung) zur Geltung, zu der sich jedoch die des Wassers nachher gesellen kann. In anderen Fällen wird (wie beim Löss) der Sand (Wüstensand, Dünensand) durch Winde transportirt, was besondere wellenförmige Umrisse der ursprünglich immer beweglichen Massen und sehr starke Rollung im Gefolge hat. Danach würden die Hauptabtheilungen sein:

1. Conglomeratgesteine bestimmter Felsarten an und für sich; verkittete, nicht lose zusammenhängende Massen von Trümmerstücken mit gerundeten Kanten, welche die verschiedensten Dimensionen (von grossen Schollen bis hinab zu kleinen Kieselchen) annehmen können. Man unterscheidet Granitconglomerate (Arkosen im engeren Sinne), Porphyrconglomerate, Quarz-, Kalk-, Gneiss-, Trachyt-, Basalt-Conglomerate und dergl. mehr. Nicht selten nennt man dieselben auch Wacken; doch ist dieser Name, der in verschiedener Weise angewandt ward, zur Zeit weniger gebräuchlich. Die praktische Anwendung ist, bei der gewöhnlich nur losen Verkittung, eine sehr beschränkte. Wichtig sind jedoch die Conglomeratschichten aus Phosphorit und aus Eisenknollen, welche in manchen Abtheilungen des Schichtgebirges vorkommen.

2. Die Breccien unterscheiden sich durch eckige Form der Trümmerstücke; unter ihnen sind die Kalkbreccien, bei denen eckige Fragmente von Muschelschalen eine Rolle spielen, Dolomitbreccien, Kieselschieferbreccien zu nennen.

3. Die Conglomeratgesteine gemischten Ursprungs, in welchen gerollte Steine verschiedener Art in einem oft sehr festen, meist kalkigen Bindemittel eingebettet sind, werden besonders durch die Nagelfluh der Schweizer Voralpen repräsentirt, in welcher an den Bruchflächen und steilen Felswänden die rundlichen Eindrücke der Rollstücke und diese selbst ähnlich den Spuren von Nägeln zum Vorschein treten. Indessen ist das Bindemittel doch so fest, dass oft auch die Gerölle durchbrechen. Die Anwendung ist durch die Structur behindert und daher immer nur eine beschränkte.

4. Die Sandsteine gehen bei gröberem Korne in diese Conglomeratgesteine über und gilt dies namentlich von den in den älteren Formationen häufigen, graufarbigen, mit grösseren, theilweise auch eckigen Quarzkörnern angefüllten, durch ein quarziges oder thoniges Bindemittel verkitteten Grauwacken. Bei den übrigen Sandsteinen ist das Bindemittel ebenfalls Quarz (wodurch sie dem Quarzit wesentlich gleich werden), Kalk oder ein thoniges, mergeliges Gemenge, seltener

eine Eisenverbindung (bei eisenschüssigem Sandstein), die sich indessen sehr oft mit einem mergeligen oder thonigen Bindemittel mengt. Diese Sandsteine sind oft lebhaft roth (Buntsandsteine, Sandsteine des Rothliegenden), oft mehr gelblich, die meisten nur rein grau bis weisslich. Die werthvollsten Sandsteine möchten die kalkigen sein; wenigstens sind die thonigen und mergeligen öfter nicht frostfrei oder doch mit Schichten untermengt, welche diese Eigenschaft nicht besitzen. Im Allgemeinen aber gehören Sandsteine zu den beliebtesten und wichtigsten Baumaterialien, und wird ihr Gebrauch zu diesem Zwecke durch ihre Häufigkeit wesentlich befördert. Sie gehen allmählig in sandige Mergel, in sandige Thone und in die sogenannten Sandkalke über, welche ihrer Festigkeit halber immer noch gern zu manchen Bauzwecken, auch als Chaussirungsmaterial, verwandt werden. — Andere als Quarzsande spielen bei den Sandsteinen keine Rolle; doch kommen Beimengungen von dem (oben unter den neutral. Silikate erwähnten) Glaukonit in Körnern in einzelnen Sandsteinen und namentlich Sandmergeln der Kreideformation (den daher so benannten „Grünsanden"), auch in der Tertiärformation vor. Die der letzteren zugehörigen Mergel von Bünde in Westfalen scheinen ihre Brauchbarkeit als Mineraldünger theilweise den Glaukonitbeimengungen zu verdanken zu haben. —

5. Die losen Anhäufungen von **Sand** sind ebenso vorwiegend Quarzsand (die Benennungen, wie z. B. Glimmersand, Spathsand u. dgl. bedeuten, wie bemerkt, nur Beimischungen von Glimmerblättchen, Feldspathkörnchen u. s. w.), und spielen Kalksand, Dolomitsand u. a. daneben eine nur ganz untergeordnete Rolle. Wichtige Abarten des Quarzsandes, oder wie man (s. S. 8) meist sagt, des Sandes sind die (schon charakterisirten) Dünensande, sowie die Wüsten- und Steppensande; ferner die durch Beimengungen veranlassten Abarten, unter denen der thonhaltige (lehmige, bei Gegenwart von Kalk auch mergelige) Sand der wichtigste ist. Bei dem oben bemerkten Grenzwerthe von etwa 70 Procenten gehen die sandigen Lehme oder Sandmergel in lehmige (mergelige) Sande über, die man bis zu einem (totalen) Quarzgehalte von 90 Procenten zu rechnen pflegt; darüber hinaus spricht man einfach von Sanden. — Die Anwendung des reinen Sandes (zur Glasindustrie, zur Mörtelbereitung, als Zusatz zu Thonwaaren u. s. w.) ist eine mannigfache; der unreinere ist als eine ihrer Verbreitung halber wichtige, wenn auch keineswegs besonders günstige Bodenart aufzuführen, während endlich die in der Luft transportirten Sande (Flugsande) sich als gradezu schädlich für den Ackerbau herausstellen. Ueber das im Ganzen durchaus günstige Verhalten der Sande in bautechnischer Hinsicht (als Baugrund u. s. w.) wird noch unten die Rede sein.

5. Die **losen Anhäufungen** mit gröberen Stücken (Grus) sind zwar sehr mannigfacher Art, lassen sich aber doch in eine Kate-

gorie bringen. Ist eine bestimmte Felsart allein die Ursprungsquelle, so hat man eine danach benannte Anhäufung (Granitgrus, Kalkgrus, auch „vulkanische Aschen und Lapillen"); ist dies nicht der Fall, so unterscheidet man die aus gerundeten Stücken bestehenden Rollsteinablagerungen (Kies und Grand), die durch Aufnahme von Sand in unreine Kiese, durch Aufnahme von Mergel, Thon und Lehm in die Geschiebemergel oder Geschiebelehme (in den jüngsten Bildungen häufig und meist wohl nicht ohne ursprüngliches Zuthun von Gletscherthätigkeit entstanden) übergehen, und die auch scharfkantige Stücke führenden Block- und Trümmerablagerungen (Gletscherwälle, Felsstürze eingeschlossen).

F. Die Gesteine organischen Ursprungs sind (abweichend von der entsprechenden Abtheilung der Mineralien) nicht blos die hier

1. voranzustellenden Mineralkohlen, welche sich in den verschiedensten Formationen unter Verhältnissen, welche eine nur unvollkommene Oxydation herbeiführen konnten, d. h. wesentlich nur bei fortlaufender Bedeckung mit Wasser, ablagerten, sich daher in mächtigen Massen oder öfter sich wiederholenden Lagen (Flötzen) nur bei einer vorwiegenden langsamen Senkung des Landes zu entwickeln vermochten, übrigens, wie schon angedeutet, ausser nach mineralogischen Kennzeichen nach den geologischen Verhältnissen (auch der Ursprungszeit, also in alte, eigentliche Steinkohlen, jurassische Steinkohlen, tertiäre Braunkohlen und jüngste oder alluviale Torfe) eingetheilt werden, sondern auch

2. die Ablagerungen animalischen Ursprungs, die für den Ackerbau wichtigen Phosphorit- und Guanolager. Dass die Kreide auch hierher gestellt werden könnte, liegt auf der Hand; doch steht sie naturgemässer neben den Kalken, zu welchen sie allmählig hinüberleitet und von denen sie kaum scharf zu trennen ist. Eine ähnliche Rolle aber spielen unter den Kieselmineralien die technisch nicht ganz bedeutungslosen Infusorienlager, besser Bacillarienlager, deren Ausdehnung manchmal eine so grosse ist, dass sie unter den Gesteinen aufgeführt zu werden verdienen.

Dass auch die Kohlenwasserstoffe hier ihren Platz finden müssten, ist selbstverständlich; doch treten weder die Bernsteine, wenn sie auch in der samländischen „blauen Erde" in grösseren Massen zwischen dem Thone dieser Bildung sich finden, noch die den Mineralkohlen zugesellten oben erwähnten Kohlenwasserstoffe wirklich gesteinsbildend auf. Dies gilt selbst vom Asphalt, obwohl derselbe auf Trinidad und an einigen anderen Punkten in etwas grösseren Anhäufungen vorkommt.

Aus diesen Mineralstoffen und in dieser Mengung und Absatzart derselben sind die sämmtlichen Theile der festen Erdrinde gebildet, und wenn unter der Zahl der hier aufgeführten Gebilde auch manche der seltenen — um die Uebersichtlichkeit nicht zu stören — bei Seite

gelassen oder nur eben erwähnt worden sind, so möchte doch alles Wesentliche und namentlich auch alles praktisch Wichtige nicht nur berührt, sondern auch in seinem Verhalten zu dem Uebrigen, in seinem Werden und Vergehen und in der Art und Weise, wie es der Menschheit gegenüber tritt, in gedrängter Kürze im Obigen charakterisirt sein.

Zweites Kapitel.

Der Bau der Erdrinde.

Es erübrigt nun, die Formen zu betrachten, in welchen alle die genannten Gesteinsarten sich zu der Erdrinde und ihren einzelnen Theilen, den Continenten und Inseln mit ihren mehr oder minder hohen und unebenen Partien, den Hochländern, Gebirgen und Flachländern, zusammensetzen. Auch diese Formen, welche von den Gesteinen im Grossen und Ganzen angenommen werden, meist von vielen derselben zusammen in mannigfachem Wechsel, sind für die praktischen Zwecke keineswegs gleichgültig. Namentlich bedingen sie die Richtung und die Art der Verkehrsstrassen in allerhöchstem Grade; ebenso aber den Anbau, die Möglichkeit desselben, seine Ausdehnung, seine verschiedenen Arten. Endlich werden auch durch die Lagenverhältnisse der Gebirgstheile manche wichtige Industriezweige in ihrer ganzen Entwickelung bestimmt; so die ganze Bergindustrie durch das überwiegend häufige Vorkommen der Schwermetallverbindungen in bestimmten Spaltenausfüllungen.

Die Form, in welcher die einzelnen Gesteine zusammengesetzt sind, oder die Lagerung, richtet sich wiederum wesentlich nach der Entstehung, und haben wir drei Hauptarten zu unterscheiden, von denen die erste (der einen Hauptabtheilung der Gesteine entsprechend) die Form der Schicht, die zweite (der andern Hauptabtheilung der Gesteine entsprechend) die des Stockes (der Masse, mit ihren einzelnen Abzweigungen, Gesteinsgängen oder Apophysen), die dritte, auf späterer und allmähliger Ausfüllung von Spalten beruhend, die des Ganges als charakteristische Erscheinung bedingt. Das Verhältniss derselben zu einander veranschaulicht Fig. 3, in welcher links ein geschichtetes, zunächst ziemlich horizontales, jedoch durch eine Spalte *b* in seiner regelmässigen Ausdehnung unterbrochenes, nach rechts aber gegen die Masse (*w*) aufgerichtetes Schichtgebirge in idealem Durchschnitte dargestellt ist. Die mannigfachen Spalten,

a, *b* im Schichtgebirge, andere im Massengebirge, haben sich in der Weise, wie es die dritte Art der Lagerung bedingt, gefüllt, nicht aber die breitere Spalte (Kluft) *c*, welche Geröll, Trümmerhaufen von oben

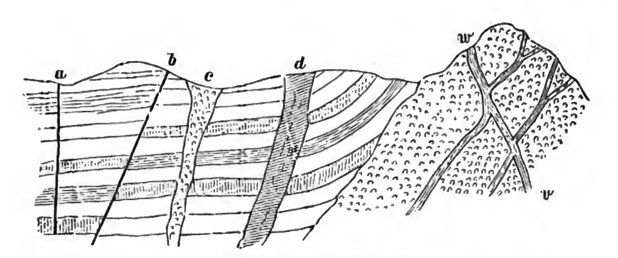


Fig. 3. Schichtgebirge mit Massengebirge,
Stock (*w*) und Gesteinsgang (*d*), sowie mit Gangspalten (*a*, *b*) und einer Kluft (*c*).

her aufgenommen hat, noch auch die ebenfalls mächtigere Spalte *d*, welche mit einer Gesteinsmasse, ähnlich *w*, ausgefüllt ist. Diese drei Lagerungsarten sind getrennt durchzugehen.

I. Das Schichtgebirge.

Die einzelnen Schichten, über deren Entstehung und Kennzeichen im ersten Kapitel berichtet ist, geben in ihrer Aufeinanderfolge allgemein ein Schichtenprofil, welches man (in ähnlicher Weise wie in Fig. 1 und 3 in sehr kleinem Maassstabe dargestellt ist) aus ihnen zusammenstellt. Diese Folge von oben nach unten — oder umgekehrt — ist unabhängig von dem Orte oder der Lage der betreffenden Schichtpartie, und pflegt man die Feststellung des Schichtenprofils als die Bestimmung der relativen, die Feststellung der Oertlichkeit selbst als die der absoluten Lage zu bezeichnen. Die relative Lage ist bestimmt, wenn man weiss, welche Schicht über oder unter jeder anderen liegt oder, wie man sagt, ihr Hangendes und ihr Liegendes bildet, und wie mächtig eine jede der einzelnen Schichten ist. Alsdann hat man noch diejenigen Schichten, welche nach ihrer Beschaffenheit und den in ihnen enthaltenen charakteristischen Thier- und Pflanzenresten (Leitfossilien, auf welche, wie sich im Verlaufe zeigen wird, es bei der Bestimmung der Schichtenabtheilungen ganz besonders ankommt) näher zusammengehören, auch als zusammengehörig zu bezeichnen. So leicht und einfach die erste Operation ist, indem man nur jede der einzelnen Schichten zu notiren, ihre Mäch-

tigkeit, d. h. ihre Ausdehnung quer auf die Schichtflächen zu messen braucht, so schwierig ist mitunter die zweite Aufgabe. Indessen darf der Geologe sich derselben niemals entziehen, und in keinem Falle ist irgend eine geognostische Aufnahme als wirklich vollendet anzusehen, bevor nicht die Stellung der Schichten in der Reihe der Sedimentärgebilde genau ermittelt ist.

Ermöglicht wird diese Ermittelung besonders durch zwei Thatsachen. Erstens bleibt die Beschaffenheit der Schichten gewöhnlich auf etwas weitere Erstreckung sich gleich; die einzelenen Schichten verhalten sich zwar darin verschieden, die eine bleibt über ganze Länder sich gleich, die andere modificirt sich schon auf der Strecke von einem Gebirge zum anderen, allein eine ganz plötzliche Aenderung findet (abgesehen von den späteren Störungen der Schichten, welche hier noch nicht in Betracht kommen) niemals statt, und eine gewisse Aehnlichkeit solcher Gruppen, von denen man zunächst Zonen (Betten, Couches, Beds), dann als die nächsthöheren Einheiten die Stufen, Etagen annimmt, bleibt meist sogar über grössere Theile der Continente hin bestehen. Ganz besonders lassen sich die letzteren, grösseren Schichtenabtheilungen, aus denen sich die grösseren Formationsabtheilungen und dann die ganzen Formationen erst aufbauen, oft weithin als gleichwerthig verfolgen; dies würde indessen ohne das zweite Moment nur in den wenigsten Fällen möglich sein. Diese zweite Thatsache ist für die Erdgeschichte, wie schon angedeutet, von allerhöchster Bedeutung; es ist die, dass gleich alte Schichten — Schichten, welche in der Stufenleiter der Sedimentärbildungen gleich hohe Stellung einnehmen — sich hinsichtlich der in allen geschichteten, hydrogenen Gesteinen vorhandenen Thier- und Pflanzenreste sich gleich verhalten. Je ungleicher das Alter, desto ungleicher die organischen Einschlüsse, desto geringer die Zahl der übereinstimmenden Arten, desto ungleicher auch der Charakter der ganzen Thier- und Pflanzenwelt (Fauna und Flora) dieser Schichten. Die grosse Zahl der in allen Schichtgebirgen entdeckten organischen Reste, die gute Erhaltung eines grossen Theils derselben hat nun die Geologen in den Stand gesetzt, eine ziemlich vollständige Stufenleiter aller Bildungen der Erde an einander zu reihen, und obwohl der Natur der Sache nach es immer nur feste, meist kalkhaltige oder knöcherne, mindestens hornige und holzige Theile der Thiere und Pflanzen sind, welche in den verschiedenen Gesteinen versteinert (d. h. gradezu in Quarz, Opal, Kalk, Schwefelkies, Braun- oder Rotheisenstein verwandelt) oder abgeformt (als Steinkern oder Abdruck erhalten) sind, so hat man doch die von den lebenden Thier- und Pflanzenformen theilweise in hohem Grade und mit zunehmendem geologischem Alter in immer höherem Grade abweichenden fossilen Geschöpfe im Ganzen gut kennen gelernt und danach die grossen Abtheilungen der Schöpfungsgeschichte getrennt.

Eine Ausnahme von jenem Gesetze der Gleichmässigkeit der organischen Reste gleich alter Schichten ist indessen noch zu erwähnen, die Verschiedenheit nämlich, welche solche Schichten schon zur Zeit ihrer Bildung haben konnten und haben mussten, falls sie unter wesentlich verschiedenen Bedingungen abgelagert wurden. So kann eine auf dem Grunde der hohen See abgelagerte Kalkbildung sehr wohl ganz verschiedene Seethierreste zeigen von einer gleichzeitig am Strande oder in der Nähe der Flussmündungen abgesetzten Sand- oder Schlammbildung. Ferner kann nur in der Nähe des Landes eine grössere Menge von Landthieren und Landpflanzen abgesetzt sein; daher auch die Steinkohlenflötze nicht anders als in dieser Weise gebildet sein können, und völlig gleichzeitige Hochseebildungen ganz verschieden aussehen müssen. Man nennt diese Verschiedenheiten, die sich meist schon im äusseren Aussehen der Schichten zeigen, die verschiedenen Facies derselben Bildungen und spricht danach von marinen und unter ihnen von Hochsee- und Strandfacies im Gegensatz zu Süsswasserfacies oder halbmarinen (brakischen) Facies, die wieder fluviomarine oder Aestuarien-Facies sein können oder auch lacustre (limnische) Facies. Ferner unterscheidet man noch nach den vorwiegend vertretenen Thierklassen unter den Seebildungen verschiedene Facies (Korallen-, Schwamm-, Mollusken-Facies). Da sich die Faciesverschiedenheiten sehr leicht dem Auge darbieten, zugleich aber die Stellung in der Folge der Schichten sich für beiderlei Facies derselben Schicht ermitteln lässt, so kann diese Ausnahme keine unüberwindliche Schwierigkeit bereiten, wenn sie auch die Bestimmung des Alters mancher Schichten öfter wesentlich behindert hat.

So wenig hier die Aufgabe verfolgt werden kann, die verschiedenen „Stockwerke“ und Hauptabtheilungen des Schichtgebirges nach allen ihren Eigenthümlichkeiten zu charakterisiren, wie dies in den geologischen Lehrbüchern[1]) zu geschehen hat, so erheischt doch die

---

1) Unter denselben dürfen wohl Lyell's Werke, besonders die Principles of Geology, allerdings nicht in den neuesten Auflagen (zuletzt von Cotta, 1857. 58) übersetzt, ferner H. Credner's Elemente der Geologie (3. Aufl. 1876), Zittel, aus der Urzeit (München 1872), ferner das für österreichische Verhältnisse besonders werthvolle Werk von F. v. Hauer, „die Geologie und ihre Anwendung auf die öster.-ungarische Monarchie“ (2. Aufl., Wien 1877), von ganz kurzen Zusammenstellungen auch noch v. Hochstetter's Geologie in der „allgemeinen Erdkunde“ von Hann, v. Hochstetter und Pokorny, Prag 1875 (die Geologie auch separat), auch die „Grundzüge der Geologie“ von Leonhard (3. Aufl., Heidelberg 1872) und das augenblicklich in neuer (4.) Auflage erscheinende Werk von C. Vogt (Geologie und Petrefaktenkunde, Braunschweig) Erwähnung verdienen. Für die meisten Zwecke sind indess spezielle (monographische) Bearbeitungen der einzelnen Formationen und Gegenden nicht zu entbehren.

Rücksicht auf Vollständigkeit wenigstens die Aufzählung der Schichtgruppen und „Formationen“, schon um die üblichsten Kunstausdrücke (wie sie bereits öfter gebraucht worden sind) nicht unerklärt zu lassen. Was dagegen die Thier- und Pflanzenreste anlangt, so können nur die allgemeinsten Andeutungen über deren Verbreitung und über die Vertretung der hauptsächlichsten Klassen in den einzelnen Abtheilungen des Schichtgebirges gegeben werden.

Geht man durch dieselben von unten nach oben, also in derselben Reihe, wie der Aufbau der Schichten erfolgt ist, so findet man zunächst

A. das krystallinische Schichtgebirge mit den beiden Hauptabtheilungen der Gneissformation und der Formation der krystallinischen Schiefer, von denen man jene auch wohl (nach dem Vorkommen am Lorenzstrom in Nordamerika) die laurentische, diese (nach dem Vorkommen am Huronsee ebenda) die huronische Formation genannt hat, während man wieder beide als archaische Formation zusammenfasst. Der Charakter der sehr mächtigen Bildungen — man meint, dass die Gneisse allein nahe an 10,000 Meter Mächtigkeit erreichen können, zu welchem Maasse noch mehr als 3000 (nach anderen Angaben über 5000) Meter für die Schieferbildungen hinzukommen — ist, wie bereits angedeutet, der, dass unten ziemlich einförmige, mit verhältnissmässig wenigen Einlagerungen von Quarziten, körnigen Kalken, Hornblendeschiefern, Glimmerschiefern und dergl., aber auch mit einzelnen granitischen (ungeschichteten, sonst der übrigen Masse gleichen) Zwischenlagen versehene Gneisse — oder an deren Stelle Granulite u. s. w. —, darüber mannigfaltig wechselnde, vorwiegend aus Glimmerschiefer, aber auch aus allen oben genannten Gesteinen und aus Grünschiefern, Chloritschiefern, auch schon aus Phylliten bestehende Lagen, endlich vorwiegend, aber auch mannigfach mit anderen Schieferarten wechselnd, Phyllite folgen. Die nutzbaren Gesteine sind bei den einzelnen Arten der krystallinischen Schiefer angegeben; ausserdem spielt Magneteisenstein und körniger Kalk unter ihnen eine Rolle. Die organischen Einschlüsse sind geringfügig und werden zum Theil für zweifelhaft gehalten; während man aber früher geradezu diese ganze Schichtenabtheilung die azoïsche (thierlose, versteinerungslose) nannte, hat man doch den mehrfachen Angaben von organischen Resten gegenüber diese Bezeichnung aufgegeben. Während zuerst nur auf die Gegenwart organischen Lebens überhaupt (aus dem Kalk und Graphit) geschlossen werden konnte, ist schon in den etwas tieferen Gneissschichten Canadas (auch Böhmens und Bayerns) vor nicht sehr langer Zeit (1858) eine Bildung angetroffen, aus Kammerwandungen von Kalk mit Serpentinausfüllung bestehend, die man für Reste eines (den späteren Nummuliten vergleichbaren) gekammerten Urthiers (für ein Foraminiferengehäuse) angesprochen hat. Der Streit,

ob in diesem Gebilde, dem Eozoon Canadense Dawson's, wirklich ein Thierrest vorliegt, schwebt noch, und dies ist auch der Grund, wesshalb nun der Name „eozoïsche Gruppe“ für die krystallinische Schiefergruppe nicht allgemein in Gebrauch gekommen ist. Uebrigens ist auch die Grenze gegen die untersten Schichten der nächstfolgenden Gruppe keineswegs überall ganz sicher gestellt und daher nicht immer zu entscheiden, ob die — allerdings auch mitunter noch zweifelhaften — Thierreste derselben nicht in die oberen krystallinischen Schiefer hinunter reichen. Die Entscheidung ist desshalb schwer, weil die Gesteinsbeschaffenheit, die krystallinische Natur der Ablagerungen an sich, kein sicherer Anhaltspunkt ist. So hat das Auftreten viel jüngerer Versteinerungen in manchen krystallinischen Schiefern der mittleren Alpenkette dargethan, dass dieselben viel jüngeren Ursprungs sein müssen, als diejenigen krystallinischen Gebilde, welche — z. B. in Skandinavien, Böhmen, der Bretagne, Canada — unter den ältesten versteinerungsführenden Schichten sich finden und hier ins Auge gefasst sind. Ganz besondere Schwierigkeit machen hinsichtlich dieser Grenzbestimmung die englischen Bildungen, die trotz ihrer abweichenden Gesteinsbeschaffenheit (sie bestehen aus Schiefern, den berühmten Dachschiefern, Sandsteinen, besonders der Grauwacke ähnlichen Grits) von vielen Geologen als gleichzeitig mit den Phylliten Canadas angesehen werden. Gewöhnlich nennt man diese an 8000 Meter Mächtigkeit erreichende Gruppe, die „ältere cambrische“, schliesst sie also an die folgende Abtheilung näher an; aus ihr werden zwar nur sehr spärliche, aber doch theilweise nicht angezweifelte Thierspuren (Abdrücke von Ringelwürmern, eigenthümliche, in feinen Büscheln an Stielen auftretende Korallenthiere, die Oldhamien) angegeben, wie denn auch in Schweden aus Sandsteinen, die man für gleichzeitig hält, Tangblätterabdrücke unter dem Namen Eophyton beschrieben sind und diesen Sandsteinen den Namen Fucoïdensandsteine verschafft haben. Dass nun in den krystallinischen Gebilden, selbst wenn diese gleichen Alters mit den genannten Schichten waren, die Thierreste noch sparsamer auftreten mussten und leicht ganz fehlen konnten, wird durch die krystallinische Natur der Gesteine erklärlich, und liefert einen ferneren Beweis dafür das nur sehr zerstreute Auftreten von Versteinerungen in solchen krystallinischen Schichten, welche gleichwohl (wie manche Alpengebilde dieser Art) mit der Zeit als durchaus gleichwerthig mit viel jüngeren Schichtgebilden erkannt sind.

B. Die Schichtgruppen der altthierischen Zeit treten, so allmählig der Uebergang erscheint und so schwer die Grenze zu ziehen ist, doch sehr bald in einen bedeutenden Contrast gegen alle vorigen Gebilde, indem doch verhältnissmässig rasch eine ziemlich reich gegliederte und ziemlich hoch entwickelte Thierwelt auftritt, welche später schrittweise in die jetzige hinüberleitet. Ohne allen Zweifel ist

dies in der Weise zu erklären, dass die ältesten Anfänge der Thierwelt unserm Auge durch spätere Vorgänge entzogen sind, und wenn wir die vielen Möglichkeiten solcher Vorgänge in Betracht ziehen, wie sie grossentheils noch heutzutage sich beobachten lassen, und bedenken, dass dazu noch die Zerstörungen durch die allmählige Umbildung (mit Krystallisirung) hinzugekommen sein müssen, so möchte eher zu verwundern sein, dass überhaupt noch aus so alten Bildungen die vorliegende Fülle von Thierformen gerettet ist. Die grossen Lücken, welche später entstanden sein müssen, bekundet das fast vollständige Fehlen von Pflanzenresten in den ältesten Ablagerungen (bis zum Obersilur kommen nur Tange vor), während doch schon die reichentwickelte Thierwelt auch eine Pflanzenwelt voraussetzt. Die Hauptabtheilungen dieser altthierischen Gruppe bezeichnet man gewöhnlich als Silur, Devon, Steinkohlenbildung und Perm oder Dyas, wobei die ersten beiden sich den letzten beiden schärfer gegenüberstellen und unter einander mehr zusammenhängen. Dem Silur rechnet man sehr oft das cambrische System zu, das mancherlei Schwierigkeiten macht und auch manches Eigenthümliche hat; daher andere Autoren es als besonderes System rechnen, namentlich die Engländer, denen das oben erwähnte untere cambrische System in etwas engerem Anschlusse an die versteinerungsreicheren obercambrischen Schichten vorliegt. Diese letzteren bestehen sowohl in England, als in Böhmen aus dunklen Schiefern, dort mehrere tausend Meter mächtig, mit Muscheln aus der Klasse der Armfüsser (Brachiopoden), unserer Lingula sehr nahe stehend und zum Theil dieser Gattung selbst angehörig, und mit mehrerlei Krebsthierresten, hier in etwas geringerer, aber immer noch grosser Mächtigkeit mit besonders vielen Krebsthieren aus einer ausgestorbenen, zu den Kiemenfüssern gestellten Abtheilung, den Trilobiten (mit wohlentwickeltem Kopfbrustschilde, Leibringeln und Schwanzende). In Amerika sind die entsprechenden Schichten mehr sandig und haben Fucoïdenreste. — In den übrigen Theilen des Untersilur, in welchen diese Krebsthierfauna sich zu entwickeln fortfährt, und in denen die Schiefer, mit Zwischenlagerungen von Sandstein (England, Nordamerika) und Kalk (Skandinavien, Russland, Nordamerika), vorherrschend bleiben, treten besonders noch manche Arten von Mollusken (die hoch entwickelten, unserm Nautilus ähnlichen Gradhörner oder Orthoceras, einzelne Schnecken, Muscheln, besonders aber Armfüsser), fremdartig gebildete seesternartige Thiere oder Echinodermen, mancherlei Korallenthiere, darunter die feinen, in Abdrücken oft erhaltenen Graptoliten, Schwämme u. a. m. auf.

Fehlt in den „obercambrischen“ Schichten, die man in Böhmen als die der „Primordialfauna“ (ältesten Thierwelt) bezeichnet, sowie in dem Untersilur überhaupt auch noch jede Spur von Wirbelthieren, so zeigen sich dieselben doch, wenn auch nur wenig zahlreich und

in theilweise noch nicht sicher klassificirten Resten von Fischen (theilweise Haifischen, vorwiegend aber denen der nächstfolgenden Periode ähnlich) im Obersilur, in welchem zugleich die Trilobiten und die sämmtlichen Mollusken sich fortentwickeln und neue Formen (die ammonitenähnlichen Goniatiten, die den Flossenfüssern zuzurechnenden Tentaculiten u. a. m.) auftreten, ebenso die übrigen schon genannten Thierklassen ihren Formreichthum vermehren. Auch Landpflanzen (Holz von Schuppenbäumen und einzelne andere Funde, z. B. des hauptsächlich devonischen Psilophyton in Nordamerika) sind aus dem Obersilur zu verzeichnen. Auf mancherlei interessante Einzelheiten der Vertheilung der Thiere in dieser Schichtengruppe, in welche die thüringischen, ostfränkisch-böhmischen und manche der sonstigen Dachschieferbrüche gehören, und welche ohne die cambrischen Schichten immer noch auf 2 bis 3000 Meter (wovon der grösste Theil auf's Obersilur kommt) zu schätzen ist, würde indess ein Eingehen um so weniger lohnend sein, als die specielle Kenntniss und Bestimmung der Schichten noch mannigfach schwanken dürfte, wie man z. B. erst neuerdings die obere Grenze des Silur erheblich modificirt und manches, was früher als Silur galt, jetzt als unteres Grenzgebilde der devonischen Schichten auffasst.

Zu diesen gehört die Hauptmasse der östlichen Harzschichten, das rheinische Schiefergebirge, aber auch ein Theil der östlicheren Bildungen Mitteldeutschlands vom Thüringer Walde bis zu den Sudeten. Die „Grauwacken“ und Schiefer überwiegen; wichtig sind die hauptsächlich dem mittleren Theile des Devon zuzuzählenden Harzer (Goslarischen) und die in mehrfachen Niveaus auftretenden rheinischen Schiefer; ausserdem aber hat man Kalkeinlagerungen oft von ziemlicher Mächtigkeit, z. B. den Eifeler Kalk im Mitteldevon, den etwas höher liegenden Kalk vom Iberg im Harze. Diese ebenfalls technisch vielfach verwertheten, nicht selten (Eifel) von Dolomiten begleiteten, örtlich auch wohl (z. B. bei Haina unweit Giessen) in nutzbaren (rothen) Eisenstein verwandelte Kalke sind im Ganzen reicher an guterhaltenen Versteinerungen, als die übrigen Schichten und zeigen eine immer steigende Entwicklung von Korallen, z. B. eine früher oft falsch gedeutete, für eine Weichthierschale gehaltene Deckelkoralle, Calceola sandalina, von Strahlthieren (Echinodermen) und vielerlei Mollusken, unter denen jetzt die Goniatiten vorwiegen, während zu den dem Nautilus verwandten Formen das Geschlecht Clymenia hinzutritt, auch neue zahlreiche Armfüsser (Stringocephalus) hinzukommen, andere (Spirifer, Rhynchonella) häufiger werden, viele neue Muscheln und Schnecken auftreten. Die Trilobiten haben wieder neue Arten; zu ihnen gesellt sich besonders in einigen Schieferabtheilungen des oberen Devon ein meist gehäuftes Vorkommen von kleinen Schalkrebsen (Cypridinen). Das eigenthümlichste aber, was die devonische Formation aufzuweisen

hat, sind die Fische, welche schon in den oberen Silurschichten sich zeigten, jetzt aber erst eine grössere Bedeutung erlangen. Sie zeigen (abgesehen von einigen Haien) eine von den lebenden Fischen sehr abweichende Beschaffenheit, abenteuerliche Formen mit grossem Kopf, langen Flossen, schmalem und spitzem Schwanze, mögen sie nun, wie Cephalaspis, Pterichthys, Coccosteus, mit einem Knochenpanzer umgeben oder, wie Holoptychius, mit Schuppen (Schmelzschuppen) bekleidet gewesen sein. Es ist namentlich neuerdings die Ansicht aufgestellt, dass diese — noch nicht mit einem wirklichen Skelette versehenen — Fische der Abtheilung der Doppeltathmer (Dipnoï) oder Lungenfische (mit athmungsfähiger Fischblase) angehören, die übrigens den sonstigen Schmelzschuppern durchaus nahe stehen, und wäre hierdurch die Ansicht motivirt, nach welcher diese ersten Fische zugleich für die landbewohnenden Wirbelthiere den Ausgangspunkt bildeten. Sicher ist ihr Organismus schon im Wesentlichen so hoch entwickelt, als dies überhaupt in der Klasse der Fische möglich. Uebrigens sind diese Fischreste in den oben beschriebenen devonischen Bildungen von vorwiegend schiefriger Beschaffenheit, wie sie in Deutschland (auch Frankreich, Südengland) ausschliesslich vorkommen und nicht ganz bezeichnend die „devonischen Grauwackenbildungen“ genannt zu werden pflegen, immer noch selten; sie kommen hauptsächlich im nördlichen Schottland vor, wo die Devonbildungen durchaus in Form eines durch Eisenoxydbeimengung röthlich gefärbten Sandsteines auftreten. Dieser „alte rothe Sandstein“ stellt unzweifelhaft eine dem Strande näher abgelagerte Bildung dar und hat demzufolge nicht die reiche Fauna von Seethieren, sondern vorwiegend diese offenbar mehr dem Strande eigenen Fische, einzelne Krebsthiere (darunter die grossen, angeblich bis nahezu 2 Meter langen, ausgestorbenen Eurypterus, mit Kaufüssen ähnlich den übrigens sehr verschieden geformten Molukkenkrebsen) und Reste von See- und Landpflanzen, die grösstentheils denen der Kohlenperiode gleichen und zu den Schuppenbäumen, Siegelbäumen, Calamiten, Farnen und Tannen gehören; nur wenige Geschlechter, z. B. das eine Mittelstellung zwischen Farnen und Bärlapp einnehmende, aber mit eigenthümlichem Fruchtstande versehene Psilophyton (so genannt wegen seiner nur kurzen, verkümmerten Blattstummel), sterben mit dem Devon aus. Diese rothen Sandsteine finden sich auch in Russland im oberen Theile des Devon, selbst in Amerika, wo sonst die Schichtenfolge des Devon sehr abweicht, treten zu oberst rothe, oft poröse und durch ihren Petroleumreichthum wichtige Sandsteine auf. Die Mächtigkeit der devonischen Ablagerungen wechselt ziemlich bedeutend und ist im „alten rothen Sandstein“ grösser, als sonst; immer aber ist sie auf nahe an 3000 Meter anzusetzen; nach einigen Angaben soll die Maximalmächtigkeit sogar über 4000 Meter betragen.

Wenn auch, besonders in der Pflanzenwelt, eine allmählige Vor-

bereitung der nun folgenden Hauptperiode stattfand, so zeigt dieselbe doch insofern einen grossen Gegensatz gegen die beiden ältesten Epochen, als nunmehr zweifellose Landthiere, luftathmende Thiere — sowohl Glieder- als Wirbelthiere — uns entgegen treten. Von ersteren sind Skorpione und wahre Insekten hervorzuheben. Unter den Wirbelthieren sind es aber noch vorwiegend (oder vielleicht ausschliesslich) Amphibien oder Lurche, deren Junge (Larven) im Wasser auskriechen und Wasser athmen, nicht die beschalte Eier legenden, von frühester Jugend an Luft athmenden Reptilien oder warmblütigen Thiere. Daneben finden sich unter den Seethieren fast nur Formen, welche denen der früheren Perioden ähnlich sind (Goniatiten, Gradhörner, viele Armfüsser, z. B. Productus; gestielte Seesterne; Korallen; Foraminiferen). Sehr viele dieser Formen treten in der Kohlenperiode zum letzten Male auf, wie die oben genannten Weichthierformen und namentlich die Trilobiten. Auch die Pflanzenformen werden zu Ausgang der Kohlenperiode und mehr noch zu Ende der sich ihr ziemlich eng anschliessenden Schlussperiode der altthierischen Zeit durch andere verdrängt, und dies ist bei der grossen Wichtigkeit der Pflanzenreste, deren Lager (Kohlenflötze) grade dieser Periode aufs Tiefste in unser ganzes Leben eingreifen, von um so höherem Interesse. Die Kohlen derselben (Schwarzkohlen, Steinkohlen) rühren in der That von Landpflanzen her, nicht, (wie wohl[1]) behauptet ist) von Seetang, also von vorweltlichen Sargassomeeren. Die Bildungen, in welchen die Kohlenflötze eingelagert erscheinen, sind — wenn auch der Name „Binnenmulden“ für später abgetrennte Theile der Formation zurückzuweisen — immer durchaus Strandbildungen; in den Kohlenflötzen finden sich in der mikroskopischen Structurform nachweisbare, und in Stamm-, Blatt- und anderen Fragmenten erhaltene Landpflanzen in solcher Menge, dass man diese mit Sicherheit als Quelle der Kohle in der oben angedeuteten Weise anzusehen hat. Diese Landpflanzen gehören ausschliesslich den beiden Abtheilungen der Gefässkryptogamen und der gymnospermen Pflanzen an; zu jenen gehören ausser dem devonischen Psilophyton unbedingt die Farne und die schachtelhalmähnlichen Calamiten; auch halten einige die Schuppenbäume (Lepidodendron) für zugehörig zu den Bärlapppflanzen (Lycopodiaceen), welchen neuerdings ausserdem noch einige Pflanzen (z. B. Annularia) zugerechnet sind, die früher in andere Gruppen der Kryptogamen (Calamiten) gestellt wurden. Andere rechnen aber jene Schuppenbäume, ebenso wie die jetzt fast allgemein von den Kryptogamen entfernten Siegelbäume (Sigillaria) mit ihren Wurzelästen (Stigmaria) für zugehörig zu den Gymnospermen, welche auch in der Kohlenzeit schon mit den beiden jetzt noch existirenden Gruppen der Cycadeen (z. B.

---

1) Von Mohr in dessen „Geologie auf neuer Grundlage.“

mit Noeggerathia) und der Coniferen oder Tannen (mit vielen Holzarten, mit Früchten, Trigonocarpa, mit den Walchien) auftreten. Uebrigens sind die Bildungen der Kohlenformation keineswegs durchweg solche Strandbildungen, in welchen die Reste der aus den obigen, grossentheils baumartigen Pflanzen bestehenden Wälder aufbewahrt sind, sondern zum Theil auch flötzleere, kalkige Bildungen der Hochsee, welche man dann den Bergkalk zu nennen pflegt. In dieser Beziehung verhalten sich die Abtheilungen der Kohlenformation sehr verschieden. Die untere Abtheilung umfasst in vielen Ländern (Frankreich, Belgien, Süd-England) vorwiegend, in anderen (Amerika, Irland, Russland) theilweise kalkige, marine Gebilde von nahezu 1000 Meter Mächtigkeit, an deren Stelle in Westfalen und im ganzen übrigen Deutschland, in Schottland Wechselbänke von Schiefer und Sandstein treten, meist als „Culmbildungen“ bezeichnet und bis an 2000 Meter Mächtigkeit erreichend, gelegentlich (namentlich in Schottland) Kohle führend. In einem Theile der amerikanischen Vereinsstaaten finden sich an Stelle des Kohlenkalkes oder Bergkalkes auch hie und da Kohle führende Conglomeratschichten von bedeutender Mächtigkeit, wie auch im hohen Norden (Bäreninsel u. s. w.) ziemlich oft und in Russland hin und wieder Bildungen mit zwischengestreuten Kohleflötzen an Stelle der weithin ausgebreiteten Kalkbildungen treten. Ueber allen diesen, besonders in ihrer kalkigen Ausbildung an Seethierresten (Trilobiten, Goniatiten, Armfüsslern, gestielten Seesternen, eigenthümlichen Seeigeln, Foraminiferen, namentlich Fusulinen) reichen, in der Culm- oder Grauwacke-Ausbildung andere Muscheln (Posidonomya Becheri, von der der Name „Posidonienschiefer“ stammt, besondere Armfüsser und Goniatiten) sowie Pflanzenreste führenden, in Deutschland ausser in Westfalen besonders am westlichen Harze (Clausthal u. s. w.), im Siegenschen und in Nassau, Oberhessen, bei Magdeburg, an einzelnen Punkten in Thüringen und Sachsen (Hainichen) und in Schlesien (Landshut, Troppau), sowie am Schwarzwalde auftretenden Bildungen lagert der etwa 500 Meter mächtige „flötzleere Sandstein“ (Millstone-Grit der Engländer, Rosslynsandstein oder Moorrock der Schotten) fast ohne Kohlenflötze, aber vorherrschend, fast ausschliesslich sandig, und dieser leitet in die eigentliche (obere) Kohlenbildung, in die „productive Steinkohlenformation“, Coal-Measures, hinüber. Diese Bildungen, in Deutschland bei Aachen, in Westfalen an der Ruhr, in kleinen isolirten Partien bei Ibbenbüren und Osnabrück (Piesberg etc.), in unbedeutenderen Resten an einzelnen Stellen am Harzrande (namentlich bei Ilfeld, Ballenstedt) und weiter östlich (Wettin bei Halle), in Sachsen bei Zwickau, Chemnitz, Hainichen, Dresden (Potschappel), am Fichtelgebirge, an mehreren Punkten Thüringens, an der böhmischen Grenze, in Nieder- und Oberschlesien, in einem grossen Becken in Böhmen, am Schwarzwalde und am linken

Rheinufer in der Pfalz entwickelt und technisch ausgebeutet, bestehen im Allgemeinen aus einem sehr mächtigen, in England bis an 4500 m anschwellenden Schichtencomplexe von vorwiegenden Sandsteinen mit einzelnen Lagern von Thonschiefer, Eisenstein und Kalk, sowie namentlich von Steinkohle. Die letzteren, die Kohlenflötze, sind sehr verschieden an Mächtigkeit und Zahl und gewöhnlich um so zahlreicher, je weniger mächtig sie sind. In Südwales wie in Westfalen zählt man über 80 Flötze; in der Zwickauer Mulde wenige. Dagegen erreicht hier eines der Hauptflötze eine Mächtigkeit von über 14 Metern; meist ist dieselbe für ein einzelnes Flötz nicht grösser als etwa 6 Meter und durchschnittlich wohl kaum über 1 Meter. Selbstverständlich bedeutet jedes Flötz eine ausgedehnte Bedeckung des Bodens (ehemaligen Strandes) mit einer lang andauernden Vegetation, die viele Jahrhunderte lang in völliger Ruhe ihre Reste absetzte, worauf eine Aenderung der Verhältnisse, ein stärkerer Sandabsatz, folgte, um nach einiger Zeit wieder der vorigen Art des Absatzes von Pflanzensubstanz Platz zu machen. Es bedarf wohl nur eines Hinweises darauf, dass die Kohlen Belgiens verhältnissmässig noch reicher als unsere sind, dass ein Aehnliches von England gilt, dass auch die Steinkohle in Frankreich (Centralfrankreich und Lyoner Gegend, Bretagne) keineswegs fehlt, dass produktive Steinkohle im europäischen Russland (obwohl sie auch nicht absolut fehlt, z. B. am Donetz vorkommt) doch gegen den Kohlenkalk sehr zurücktritt, dass aber Nordamerika mit seinen 3 kolossalen Kohlenbecken wohl der allergünstigst hinsichtlich der Steinkohle situirte Staat ist. — Die industrielle Bedeutung der Kohlenbildungen, gegen welche die übrigen Gesteine (Kohleneisenstein, Bausandstein, oft sehr guter Kalk, z. B. marmorartiger dunkler Bergkalk in Nordfrankreich) stark in den Hintergrund treten, liegt auf der Hand. Indirekt aber müssen wohl die Kohlenbildungen noch als Quellen eines bedeutenden Theils unserer Steinöle (auch der oben erwähnten des obersten Devon Amerikas) nutzbringend genannt werden.

Die Permbildung oder Dyas (Zweizahl, weil sie in ihrer Normalentwickelung aus zwei sehr verschieden gebildeten Gruppen zusammengesetzt ist) ist, wie schon erwähnt, der Kohlenbildung ähnlich, sowohl was den Charakter der Thierwelt, als was den der Pflanzenwelt betrifft. Von Wirbelthieren treten bereits in der Kohlezeit zwei Gruppen von Amphibien auf, die mit fischähnlichen Schädeln versehenen sogenannten Ganocephala (namentlich Archegosaurus) und die in der Schädelform den lebenden Lurchen ähnlicheren Geschlechter Baphetes, Anthracosaurus u. s. w., während von Fischen nur die Knorpelfische (Haie) den früheren ähnlich bleiben, unter den Schmelzschuppern aber zu den schon stark reducirten früheren Geschlechtern nun solche treten, die ein besser entwickeltes Skelett und eine den späteren mit Knochengerüst versehenen Schmelzschuppern ähnlichere Gestalt haben und nur

durch den oben weit stärker entwickelten Schwanz noch abweichen (z. B. Palaeoniscus). Beides setzt sich nun fort; Fische der letztgenannten Art finden sich in grosser Zahl, während die alten Formen ausgestorben sind, und die theilweise grossen, theilweise aber auch an Grösse unsere Lurche nicht übertreffenden, durchaus geschwänzten Labyrinthodonten entwickeln sich in ihren beiden Abtheilungen weiter. Die nun zuerst zweifellos auftretenden Reptilien bleiben in den unzweifelhaften Dyasbildungen noch sparsam; es sind hauptsächlich eidechsenähnliche Formen (Proterosaurus), die z. B. in unserem Kupferschiefer gefunden sind, während man Fussspuren, die denen der Seeschildkröten ähnlich sind, noch nicht auf ein bestimmtes Reptil zurückzuführen vermocht hat. Die Seethierwelt ist im Ganzen ärmer, als im Bergkalk, aber sehr ähnlich; nur sind die Trilobiten und die übrigen grossen devonischen Krebse ausgestorben, um anderen Krebsthieren, vielleicht auch schon wahren Zehnfüsserkrebsen Platz zu machen, wie nicht minder manche neue Armfüsser und Muscheln erscheinen. Die Flora weist Calamiten, Farne, auch noch Schuppenbäume, aber keine Siegelbäume mehr auf, an deren Stelle Cycadeen und besonders Tannen (Walchien, Ullmannien, letztere schon wahre Zapfenträger) sich ausbreiten.

Auch in Hinsicht auf die Ablagerungen setzt wenigstens der untere Theil der Dyas (gewöhnlich das Todtliegende, auch Rothliegende genannt, da dasselbe im mittleren Deutschland unter einem erzführenden Flötze das Liegende bildet) den Strandcharakter mit vorwiegenden, fast durchweg rothgefärbten Sanden fort, denen an manchen Stellen (z. B. Saarbrücken, Lebach) Kohlenflötze eingelagert sind. Dies gilt jedoch nur von den tieferen Schichten; weiter nach oben treten Mergel und Sandstein, beide von rother Farbe, sehr häufige und mächtige Porphyrconglomerate, auch Porphyrtuffe, in bunte Wechsellagerung. Von den Schiefern sind einige Steinöl führend (z. B. in Frankreich bei Muse und Millery, wichtig durch ein kleines, auffallend an unsere Salamander erinnerndes Amphibium, Protriton petrolei, der in ähnlichen, wenngleich technisch nicht verwertheten noch auch wohl verwerthbaren Schiefern Thüringens wiedergefunden ist); im Uebrigen liefert die in ziemlicher Mächtigkeit, im Maximum bis an 1000^{m} steigende Bildung nur gelegentlich Bausteine (einzelne der Sandsteine, der Porphyrtuffe) auf ihrem sowohl im Südwesten Deutschlands, um Vogesen, Schwarzwald, Odenwald, in der Pfalz, als in dessen Mitte, um den Harz, bei Halle, am Thüringer Walde, im ganzen Norden des Erzgebirges, in Böhmen (wo die Grenze gegen die Kohle noch nicht feststeht und die kohlenwasserstoffreichen „Gasschiefer“ von Pilsen und Rakonitz vielleicht der Dyas angehören), sowie in Schlesien sehr ausgedehnten Areale. Ueber ihr lagert die Zechsteinbildung, die wieder eine sehr grosse technische Bedeutung grade für Deutsch-

land hat. Sie beginnt zu unterst, wenn wir von einer nicht durchgehends vorhandenen Conglomeratschicht absehen, mit einem nur dünnen (an Mächtigkeit wohl nie $^1/_2$ Meter erreichenden, meist nur $^1/_4$—$^1/_3$ Meter messenden), aber durch einen ziemlich constanten Gehalt an Kupfer (einige Procente, meist 2 bis 4, nur stellenweise mehr, in Gestalt fein vertheilten Schwefelkupfers) ausgezeichneten, auch durch Wirbelthierreste, besonders zahlreiche Fischabdrücke, bekannt gewordenen dunkeln Mergelschiefer, dem „Kupferschiefer", auf den mit Erfolg im Mansfeldischen (wo ein geringer Gehalt an Silber sich findet), sonst (z. B. in Ilmenau, im Norden des Harzes bei Seesen) meist ohne nachhaltigen Erfolg Bergbau getrieben wird oder wurde, der in Thüringen bis zum Jahre 1200 zurückdatirt. Hierüber findet sich eine oft noch erzhaltige Mergelplatte (Dachflötz), dann grauer, fester Kalk (Zechstein, da auf ihm die Kupferschieferzechen angesetzt sind), Dolomit (Rauchwacke) und lockerer Mergel, meist dolomitisch (Asche) und bituminöser Kalk (Stinkstein), zusammen immer nur von geringer Mächtigkeit (unter 100^m); diese Gebilde aber werden von dem wichtigsten aller Glieder überlagert, von der Gyps-, Anhydrit- und Salzablagerung, die man besonders in dem Bergwerke von Stassfurt und bei Schönebeck erschlossen hat, die sich aber sicher durch ganz Nordostdeutschland, wenn auch oft tief unter der Bodenfläche ausdehnt. Auch nach Westen hin ist dies Lager wenigstens bis in die Nähe der Elbmündung und ins Braunschweigische bis nahe zum Elme (Offleben-Reinstorf im Osten von Schöningen) nachzuweisen. An manchen Stellen, z. B. in Segeberg in Holstein, Inowrazlaw in Posen, ist neuerdings Erschliessung und Ausbeutung erfolgt, an andern, z. B. in Sperenberg in der Provinz Brandenburg, findet gar keine Gewinnung von Steinsalz statt, doch ist dasselbe unter ziemlich mächtigen Gypsen, welche eine ausgedehnte Verwendung finden, von der Tiefe von 280 Fussen an bis zu der fast räthselhaften Tiefe von 4052 Fussen rh., also scheinbar in einer Mächtigkeit von beinahe 1200 Metern erbohrt[1]). Diese Tiefe ist wohl nur durch die Annahme einer steilen, vermuthlich dachförmig gefalteten Aufrichtung der Schichten zu erklären, denn der in nicht sehr bedeutender Entfernung befindliche Aufschluss bei Stassfurt giebt doch nur eine — übrigens immer noch sehr grosse — Mächtigkeit von 300 bis 400 Metern (durch welche freilich das Liegende noch nicht erreicht ist), und es ist jedenfalls gerathener, sich mehr an diesen weit vollständiger vorliegenden Aufschluss zu halten. Die Verhältnisse der Ablagerung, zu oberst

---

1) Durch das bekannte Bohrloch, dessen überraschend niedrige Erdtemperatur (gefunden nur zu 38—39° R.) bei anfänglich verhältnissmässig starker Wärmezunahme zu manchen Diskussionen über die Wärmeverhältnisse im Innern der Erde geführt hat. Vgl. bei den Thermen.

etwa 25 Meter Abraumsalze, dann an 40 Meter vorwiegend Kieserit und etwa 35 Meter Polyhalit, darauf Salz, das Ganze unter einem an 50 Meter mächtigen „Anhydrithute“ und von fast 250 Metern anderer Gebilde überdeckt, wird im Folgenden noch als eines der Hauptbeispiele von Salzlagern anzuführen sein und findet ausgedehnte Verwendung auch behufs Herstellung von Kalipräparaten, Düngsalzen u. s. w. Das Kalksulfat ist hier, wie auch sonst in der Nähe der Salze, besonders der zerfliessenden, Anhydrit, bei Sperenberg aber Gyps — vermuthlich später durch das atmosphärische Wasser umgewandelt und daher auch stark in der Lagerung gestört —, während die in dasselbe Niveau gehörenden Gypswände, welche in ziemlich steiler Aufrichtung den Harzrand, besonders im Süden, umsäumen, ein mittleres Verhalten zeigen und theilweise erst allmählig an der Luft in Gyps überzugehen scheinen. Das Lager scheint nach Osten nur später unterbrochen gewesen zu sein; wenigstens treten in Russland (Perm) und in der Kirgisensteppe mächtige Salzlager auf, welche der Dyas angehören.

C. Die Schichtgruppen der mittleren oder secundären Zeit knüpfen an den Schluss der altthierischen insofern an, als die erreichten Stufen in der Ausbildung der einzelnen Klassen und Abtheilungen der organischen Wesen zunächst festgehalten werden; doch macht sich alsbald ein bedeutender Umschwung in dem stärkeren Vortreten der höchst organisirten Geschöpfe bemerkbar. Dies sind unter den Thieren die echten (Eier legenden) Reptilien, den Vögeln schon so nahe stehend, dass man von vielen Seiten vorgeschlagen hat, beide Wirbelthierklassen zu einer grösseren Gruppe (der der Sauropsiden) enger zusammenzustellen. Jedenfalls stellen sich die Reptilien durch ihre Entwickelung und durch ihren Knochenbau in einen bedeutenden Contrast gegen die Amphibien, welche zwar zu Beginne der Secundärzeit noch mit ihren alten Formen eine Rolle spielen, bald aber in die bescheideneren Grenzen ihres jetzigen Vorkommens zurücktreten. Ferner aber zeigen sich in der Secundärzeit viele neue Lebensformen, anfänglich noch von minderem Belange, aber doch der Keim des ferneren Aufschwunges, der sich in der Neuzeit der Erde zeigt, insbesondere die ersten, noch verhältnissmässig geringen und auch eigenartig gestalteten Anfänge der Klassen der warmblütigen Thiere. Allein auch viele Seethierformen, die vollkommneren, gleichschwänzigen Schmelzschupper, zu Ende der Secundärzeit die echten Knochenfische, Krebse, die sich denen der Jetztwelt mehr und mehr nähern, gewisse Abtheilungen der Mollusken, die nur durch die Secundärzeit dauern, besonders von Kopffüsslern die echten Ammoniten und Belemniten, aber auch manche Schneckenformen u. s. w., ferner Seeigel und andere Echinodermen, auch Korallen, sämmtlich in die Gestalten der Jetztwelt hinüberleitend, sind zu erwähnen, und ganz besonders ist der That-

sache zu gedenken, dass gegen Ende der Secundärzeit eine aus zahlreichen Geschlechtern der wahren dicotyledonischen Angiospermen bestehende reiche Flora sich anfindet. Die Hauptabtheilungen sind die Trias oder Dreizahl (so genannt, weil sie in Deutschland dreifach gegliedert, als Buntsandsteingruppe, Muschelkalk und Keupermergelgruppe, auftritt und hier zuerst genauer beschrieben wurde), die Juraformation und die Kreideformation. Die Trias nimmt in Deutschland einen grossen Raum ein; der Buntsandstein bedeckt einen grossen Theil der südwestdeutschen Gebirge (Vogesensandstein), bildet den Odenwald zum grossen Theile, zieht durch Hessen, durch einen Theil Thüringens und der Provinz Sachsen, kommt im Norden des Harzes auf fast allen Sattelhöhen zum Vorschein und zeigt sich auch zwischen Teutoburger Wald und Wesergebirge vielfach in ähnlicher Weise. Inselförmige Hebungen finden sich in der nordischen Ebene, namentlich bei Lüneburg, mit jüngerer Trias, sowie auf der Insel Helgoland. Er liefert in seinem unteren Theile, welcher vorwiegend sandig-mergelig ist, sehr brauchbare, rothe, meist grobgekörnte oölithische Steine in bestimmten Bänken, dann grössere Massen guter Sandsteine, theilweise (am Solling) dünnbänkig und zu Dachbedeckung brauchbar, im oberen, meist thonigmergeligen Theile (Röth) die Mehrzahl der nordwestdeutschen Salzlager und Salzquellen (Salzgitter, Salzhemmendorf u. s. w.), sowie entsprechende Gypslager. Auch in England führt der Sandstein, im Gegensatze zu dem ähnlich gefärbten schottischen Devonsandstein der „neue rothe Sandstein" genannt, die Salzlager von Chester u. s. w. Arm an Versteinerungen, lässt derselbe gleichwohl ein Vorherrschen der Labyrinthodonten (denen man auch die Mehrzahl der Thierfährten in dem theilweise unter Einfluss der Winde, als eine Art Steppensand, abgesetzten Gesteine zuschreibt), namentlich des Geschlechtes Mastodonsaurus, zugleich aber ein stärkeres Auftreten höherer Wirbelthiere erkennen. Diesen werden nicht nur manche Fährten zugerechnet, z. B. die amerikanischen „Vogelfährten", vielleicht nicht Vögeln, sondern hoch entwickelten Reptilien (Dinosauriern) — mindestens theilweise — zuzuschreiben, sondern insbesondere noch die in letzter Zeit aus Südafrika, von der Karroo, aus röthlichen, groben Sandsteinen herrührenden zahlreichen Reste sehr merkwürdiger Reptilien von hoher Entwickelung, kräftigen Schreitfüssen, mächtigem, theilweise raubthierartigem Gebisse, welche durch englische Autoren kürzlich bekannt geworden sind.[1]) Von Pflanzen herrschen Tannen (Voltzia) vor; im Ganzen ist der Buntsandstein trotz seiner grossen,

1) Insbesondere durch R. Owen (Illustrated catalogue of South African Reptilia). Dass die Karroo-Bildungen nicht sicher ihrem Alter nach bestimmt sind, ist richtig; doch weisen ihnen die abweichenden Meinungen sogar ein noch etwas höheres Alter an. Die ungefähre Altersbestimmung scheint unanfechtbar.

sicher mit 500 m im Maximum nicht zu hoch geschätzten Mächtigkeit dürftig mit Versteinerungen versehen. Desto reicher ist in manchen Schichten der Muschelkalk, eine in England und Westfrankreich fehlende, in Deutschland und den Alpen bedeutende Bildung, deren Kalke als Mörtelmaterial, auch Cementsteine, und als Bausteine sehr ausgedehnte Verwendung finden, der aber ausserdem als Träger der südwestdeutschen und thüringischen Salzlager, Gypse und Salzquellen eine grosse praktische Bedeutung hat. Sein Distrikt dehnt sich durch grosse Theile von Schwaben, Franken, Thüringen; auch Hessen, der Norden des Teutoburger Waldes und des Harzes, der Osten des Harzes und Oberschlesien haben Muschelkalk, und ebenso tritt er inselförmig im norddeutschen Flachlande bei Rüdersdorf unweit Berlin zu Tage. Die organischen Reste, fast nur thierisch, bestehen in schwimmenden Reptilien (Meersauriern, Placodus, Nothosaurus, den langhalsigen Flossensauriern der folgenden Zeit ähnlich) Krokodilen, Ammoniten (z. B. Ceratites nodosus im oberen Muschelkalk), vielen Schnecken, Muscheln und Armfüssern (Terebratula, z. B. T. vulgaris), gewissen Seesternen, namentlich den gestielten Encriniten (Encrinus liliiformis, mit Stielstücken ganze Bänke der zweitobersten Schichtgruppe füllend). Die Mächtigkeit wechselt; am stärksten soll sie in den Alpen sein (an 1000 Meter, wobei aber doch die Grenzbestimmungen sowohl als die Messungen unsicher), im Uebrigen ist sie selbst da, wo die mittleren Theile durch Salz und Gyps anschwellen, nicht erheblich von 200—300 Metern abweichend anzusetzen. Der oberste Theil der Trias, der Keuper (auch die obere Trias geradezu genannt), wird in drei Untergruppen abgetheilt, denen man oft eine zu grosse Selbständigkeit beimisst; der untere Keuper hat Sandsteine mit unreiner, lettenartiger Braunkohle (Lettenkohle) und dolomitische Mergel, der mittlere bunte, meist rothbraune Mergel mit Sandsteinlagen im oberen Theil (Stubensandstein), der obere, des sogenannte „Knochenbett“ oder die rhätische Zone, hat Sandsteine, Mergel, Thone und dünne Schichten mit viel Phosphoriten und Thierresten (daher obiger Name) und ist wieder reicher an Versteinerungen, als der an ihnen sehr arme mittlere oder eigentliche — nach einer Mansfeldischen Lokalbezeichnung seiner thonigen, dunklen Mergel benannte — Keuper. Namentlich treten hier Pflanzenreste in grösserer Menge auf, die nun schon in einen gewissen Gegensatz gegen die früheren Floren, einschliesslich der an Calamiten (Schachtelhalmen) reichen unteren Keuperflora, treten, vorwiegend aus Cycadeen, Tannen und gewissen Farnblattarten, namentlich solchen mit feinverzweigten Nerven, bestehen und sich an die Pflanzenwelt der folgenden Abtheilung anschliessen. Die Thiere zeigen z. Th. ähnliche Uebergangsformen; es treten mancherlei Abtheilungen, z. B. die Labyrinthodonten, jetzt zum letzten Male auf, zugleich mit dem ältesten Säugethierreste (einem kleinen Beutelrattenzahn, Microlestes antiquus aus Würtemberg).

Beachtenswerth ist die sehr verschiedene Ausbildung des Keupers in den Alpen, wo derselbe mächtige Kalk-, Dolomit- und Mergellager bildet — über 1000, ja an 1300 Meter, statt dass er sonst oft nicht mehr als ein Zehntel davon beträgt — und reich an besonderen Ammoniten, Muscheln, Schnecken u. s. w. ist. Nutzbar ist der Keuper hauptsächlich in seinen reicheren, thonigen Mergeln als guter Ackerboden, seltener zu Bausteinen (verschiedene Sandsteine, einige auch losen Sand liefernd), Cementsteine; auch ist die Schwefelkiesgewinnung in den Rhätschichten, die man in Norddeutschland begonnen, ohne allen Belang. Jedoch sind der Keuper und der Rhätthon wohl die ältesten Schichten, welche Ziegelthon liefern. Weit erheblicher ist in den Alpen (Bayern, Salzkammergut) die Bedeutung seiner unteren Lagen als Salzgebirge; im Alpenkeuper finden sich aber auch (in Steier, Bleiberg) erzführende Schichten und die sehr mächtigen Alpendolomite. Ob das wohl ziemlich zweifellos zur Trias zu rechnende Vorkommen von Steinsalz und Abraumsalz bei Lüneburg ebenfalls dem unteren Keuper zuzurechnen, wie aus den Lagerungsverhältnissen hervorzugehen scheint, ist wohl bei der Möglichkeit bedeutender Schichtstörungen durch den dort mächtig und andere Bildungen verdrängend auftretenden Gyps nicht unbedingt sicher. In seiner Verbreitung ist der Keuper wesentlich an den Muschelkalk gebunden, dessen Hebungen er (im südwestlichen, wie im nordwestlichen Deutschland, Thüringen, Franken, Schlesien) umsäumt. Grössere Flächen nimmt die obere Trias besonders nördlich vom thüringer Walde ein.

Die Jurabildungen, im Westen der Wasgenwaldhebung um Metz und von da weiter nach Luxemburg und französisch Lothringen, im Osten derselben vereinzelt im Niederelsass und ebenso südlich vom Odenwaldhange am Rheinthal, dann in langem Zuge von der Schweiz her durch Schwaben und Franken, nach Norden bis Coburg, im Norden des Teutoburger Waldes und Harzes mannigfach an den Hängen und auf Kämmen (namentlich des Wesergebirges, des Süntels, Iths und Selters), auch in Oberschlesien, dagegen in Böhmen und Sachsen nur in ganz unbedeutenden Schollen auftretend, nicht minder im übrigen Frankreich, England, Russland in ähnlicher Weise, wie in Deutschland entwickelt, sind in den Alpen wesentlich verschieden ausgebildet und setzen die schon in früheren Zeiten angedeutete, mit dem Keuper stärker ausgesprochene und von da an bis in die neueste Zeit fortgesetzte Verschiedenheit der alpinen und ausseralpinen Ablagerungen in augenfälliger Weise fort. Während jene fast durchweg und einschliesslich der jüngsten (Uebergangs-) Schichten mächtige Kalke und Kalkmergel ohne besonders feine Gliederung, wenn auch mit Innehaltung der Hauptzonen und der Formationsabtheilungen, darstellen, sind die ausseralpinen Bildungen, obwohl noch an 1200 Meter mächtig, doch entschieden minder stark entwickelt und dabei in viel mannig-

faltigerer Weise abgetheilt. Dies rührt von dem Wechsel der Ablagerung in einem minder tiefen Meere her, welcher sowohl der Zeit nach an ein und denselben Stellen, als dem Orte nach zu einer und derselben Zeit sehr beträchtlich war. Von den Abtheilungen sind die 3 grössten, der Lias oder untere, schwarze Jura, der braune oder mittlere Jura, auch Dogger, und der weisse oder obere Jura oder auch Malm hervorzuheben, denen sich die Weald- oder Wälderbildungen als vierte Hauptabtheilung anreihen, oft schon zur Kreide gestellt, oft als selbständigeres Uebergangsglied angesehen, in der That aber ein oberes Anhängsel an den Jura und den obersten alpinen Jurakalken (Tithonbildungen) durchaus dem Alter nach entsprechend. Der Lias besteht an manchen Stellen (Westfalen) fast nur aus Thonen (Ziegelthonen), an andern führt er Kalke, Eisensteine; in seinem unteren Theile führt er in Würtemberg, in seinem oberen dort und in Norddeutschland bituminöse, auf Kohlenwasserstoffe mannigfach, aber bis jetzt ohne Erfolg, verarbeitete Schiefer. Im östlichen Europa fehlt er gänzlich. Der mittlere Jura, in England nebst dem oberen oft als „Oolith" dem Lias gegenübergestellt, hat Thone (mit Eisenknollen), Sandsteine (hie und da verwerthet, z. B. an der Porta westfalica), Eisensteine (ebda) uud Kalkmergel. Der obere Jura hat in Norddeutschland viel Kalk (Mörtelmaterial, auch Cementsteine bei Venne-Engter, bei der Porta westfalica u. a. a. O.), in England letzteren nur in seinen oberen Theilen (Portlandschichten), während ein grosser Theil seiner Bildungen thonig ist. Dies ist in Russland (Moskauer Jura) noch ausgedehnter der Fall, während im Westen von der Weser sich Sandsteine au Stelle eines Theils der Schichten unter den genannten Cementsteinen schieben. In der Schweiz und Würtemberg sind dagegen die oberjurassischen Bildungen durchgehends kalkig und liefern in Franken in ihrem oberen Theil die „lithographischen Schiefer" (richtiger Kalke) von Solnhofen u. s. w., deren Reichthum an Versteinerungen einen der Hauptanhaltspunkte für die Geschichte des organischen Lebens auf der Erde darbietet. Einen ferneren bietet das Weald, das aus brakischen Bildungen (Purbeckmergeln, in Norddeutschland durch Plattenkalke, rothe, Gyps und Salz führende thonige Mergel und feste, aus Wurmröhren gebildete Kalke oder Serpulite vertreten, daher mehrfach technisch benutzt) in förmliche Süsswasserbildungen mit Süsswasserthieren und vielen Landthier- und Landpflanzenreste übergeht. Dies ist in Deutschland wegen der Wealdkohle (Bückeburg etc., Osterwald und Deister), die hier in dem ebenfalls technisch ausgebeuteten Wäldersandstein (Deistersandstein, Osterwaldsandstein, in England Hastingssandstein) in bestimmten Flötzen als wahre Schwarzkohle auftritt, von besonderer Wichtigkeit; ausserhalb Englands und Norddeutschlands ist es aber nur in ganz schwachen Anklängen, z. B. in Neuchatel, vertreten und fehlt meistens. Ueberhaupt aber

sind die Juraablagerungen fossilreich, und zeigen, wie die Reptilien immer fortschreitend sich entwickelten — zu den Meersauriern der früheren Art, jetzt durch Plesiosaurus vertreten, kommen die Fischsaurier, Ichthyosaurus, hinzu; daneben finden sich Krokodile (Teleosaurus), Schildkröten, wahre Eidechsen, ferner die schon genannten hoch entwickelten Dinosaurier, diese besonders in grossen, plumpen, säugethierähnlichen Arten im Weald, und die merkwürdigen Flugechsen, Pterodactylus —, wie warmblütige Thiere nun schon etwas besser vertreten werden — im mittleren Jura und im Purbeckmergel fanden sich in England Kiefer von kleinen Beutelratten, im solnhofener Schiefer eigenthümliche Vogelreste —, wie die Fische, Ammoniten sich eigenartig ausbilden, die Belemniten, besondere Knochen von Thieren, die den Dintenfischen gleichen, sich häufen, wie überhaupt die Thierwelt den oben angegebenen Charakter der Secundärzeit vollständiger annimmt.

Diesen Charakter bewahrt dieselbe ebenso wie die Pflanzenwelt auch noch in der älteren Abtheilung der Kreidezeit; doch bereiten sich in den jüngeren Abtheilungen dieser Formation neue und wichtige Veränderungen vor. Die Ammoniten, immer noch stark vertreten, haben überhaupt in der Kreide, namentlich in der oberen, die abweichend gebauten ammonitischen Nebenformen zur Seite, Gehäuse, sonst ähnlichen Thieren angehörend und wie die Ammoniten gekammert, aber nicht gleich diesen regelmässig in Scheibenform und mit übergreifenden Windungen aufgerollt; solche Nebenformen sind Turrilites, thurmförmig, Scaphites, kahnförmig ausgezogen, Crioceras, gerollt, aber ohne dass die Windungen sich berühren, Hamites, nur einige Male umgebogen, Baculites, ganz grade, sämmtlich mit einer Wohnkammer und vielen durch einen Strang verbundenen, durch randlich gezackte Wandungen getrennten älteren (leeren) Kammern versehen. Ausserdem bleiben die Belemniten sehr zahlreich und mannigfaltig, aber gleich den Ammoniten und deren Nebenformen nur bis zum Ende der Kreidezeit. Alle übrigen genannten niederen Thierklassen dagegen entfalten sich von nun an immer vollständiger und den Formen der Jetztwelt entsprechend; nicht minder unter den Wirbelthieren die Knochenfische. Die Reptilien (Saurier) treten dagegen hier mit vielen ihrer Formen (Flugechsen, Meersaurier, Dinosaurier) zum letzten Male auf, während die Krokodile und Schildkröten mehr und mehr sich den lebenden Formen nähern. Von den Eidechsen gilt theilweise ein Gleiches; nur zeigt sich neben ihnen eine nahe stehende besondere Abtheilung meerbewohnender Thiere von bedeutender Grösse in der oberen Kreide, um mit deren Aufhören wieder zu verschwinden, die Maaseidechsen (Mosasaurus), so benannt von ihrem hauptsächlichsten Vorkommen in der Maestrichter Kreide. Säugethiere kennt man nicht; wohl aber eine ganze Reihe von Vögeln, die besonders die obere

Kreide Amerika's geliefert hat (auch die englische), und die sich gleich den jurassischen Thieren dieser Ordnung durch bezahnte Kiefer von den späteren unterscheiden, im Uebrigen aber manchen der lebenden Vögel sehr ähnlich sind. Die z. Th. in letzter Zeit durch Entdeckungen in Amerika in ihrer vollen Ausbildung erkannte und gewürdigte Dikotyledonenflora ist bereits erwähnt; man kannte sie indessen schon früher grade aus Deutschland, besonders vom nördlichen Harzrande (Altenburg bei Quedlinburg u. s. w.), wo die Blätter einer den Polygoneen nahe stehenden Pflanze, Credneria, häufig in Sandstein abgeformt sich finden. — Die Ablagerungen der Kreideformation sind örtlich noch mannigfacher ausgebildet, als die jurassischen, indem sie nicht nur in den Alpen abweichend von den übrigen Gegenden gegliedert sind, sondern auch in dem Distrikte, den die niederschlesische, böhmische, sächsische und niederbayerische Kreideformation einnimmt, von den übrigen abweichen; endlich ist noch die englische Kreide und die der Ostsee theilweise verschieden. Im Ganzen lässt sich die untere Hälfte der Kreideformation, in Norddeutschland aus Kalkconglomeraten, Eisensteinen, Thonen, Sandsteinen (in wechselnder Lagerung) und thonigsandigen, spröden, aber ziemlich leicht verwitternden grauen Mergeln (Flammenmergeln) gebildet, in England zu unterst aus Grünsanden und darüber aus Thonen und Thonmergeln mit Phosphoriten, abgetheilt in das Neocom oder die Gebilde von Neuchatel oder das tiefste Glied, dem englischen unteren Grünsand und den norddeutschen Hilsbildungen entsprechend, und das höhere Gault, nach einer englischen Lokalbezeichung für die Phosphorit führenden Thone und Mergel benannt, in Bayern, Sachsen, Böhmen, Schlesien, aber auch im südlichen Westfalen gänzlich fehlend, der oberen Hälfte gegenüberstellen. Diese besteht in Frankreich und England unten aus Grünsandstein, darüber aus Mergel, zu oberst aus Kreide; in Norddeutschland (Aachen, Westfalen, Nordharzrand) aus Grünsandlagen und hellen Mergelkalken (Pläner), darüber aus Thon, Kalk, Conglomerat, Eisenstein, Sandstein und Sandmergel und aus Kreidemergel; in Rügen tritt an die Stelle des letzteren wirkliche Kreide, in Dänemark lagern über dieser noch höhere Kalkschichten; ebenso in Maestricht tuffartige Schichten. Dagegen ist die südostdeutsche oder hercynische Kreide vorwiegend sandig, und wenn auch zwischen die mächtigen Sandsteinbänke sich mergelige Schichten verschiedener Art zwischenschieben, so geben doch jene der ganzen Bildung — wie namentlich in der sächsisch-böhmischen Schweiz — den eigentlichen Charakter. In den Alpen treten zu unterst mächtige Kalke, Schrattenkalke, dann thonig-mergelig-sandige Bildungen, ähnlich den ausseralpinen, in der unteren Hälfte, in der oberen aber gewaltige Kalkmassen mit eigenthümlichen Muscheln, den mit langgestreckter, fast grade linker Schale und kleinerer, oft nur deckelförmiger rechter Schale versehenen Radioliten, Sphäruliten und Hip-

puriten oder Kuhhörnern und den sonst ähnlichen, jedoch mit gewundener linker Schale versehenen Caprinen; diese werden als Rudisten zusammengefasst und sind, obwohl früher anders gedeutet, in der That eine den Geschlechtern Chama und Tridacna nahe stehende Abtheilung der venusartigen Muscheln. Die schon in der unteren Kreide beginnenden, der Kreideformation aber durchaus eigenthümlichen Rudistenkalke der Kreide nehmen von Alpen und Karpathen an um das ganze Mittelmeerbecken einen grossen Bezirk ein und bilden namhafte Gebirge; sie sind das mächtigste der Gebilde, der im Ganzen wohl die Maximalmächtigkeit von 1500 bis 2000 Metern erreichenden Kreide. Doch sind auch die mitteldeutschen Sandsteine sicher auf circa 500 Meter, die englischen Bildungen der unteren Kreide auf nicht weniger als 300, die der oberen auf etwa 400 Meter zu veranschlagen, die norddeutschen entsprechenden Bildungen sind wohl noch etwas mächtiger. Auch in Amerika ist wenigstens die obere Kreide ähnlich entwickelt und in Missuri, wo eine längere Schichtenfolge theilweise sandiger, theilweise mergeliger Schichten (mit vielen Fossilien jeder Art) vorhanden, werden an 800 Meter Mächtigkeit angegeben.

Die Benutzung der Kreidebildungen ist eine vielfache; die Thone der unteren, auch hie und da der oberen Kreide gehören zu den besten Ziegelthonen; die Eisensteine, namentlich wiederum der unteren Kreide, werden vielfach verhüttet, die Sandsteine der unteren Kreide werden in Norddeutschland, die der oberen in Sachsen u. s. w. gebrochen. Die Phosphorite der unteren Kreide Englands werden als Düngmittel weithin exportirt. Die Kreide findet Anwendung als Schreibkreide und als reiner Kalk für Mörtelbereitung; aus Kreidemergeln wird Schreibkreide ausgeschlämmt und ebenfalls Mörtel gebrannt; zu letzterem dient stellenweise auch der Pläner, während manche Mergel der oberen Kreide eine direkte Anwendung zum Mergeln der Felder zulassen.

D. Die Schichtgruppen der jüngeren Zeit oder der känozoïschen Periode umfassen die Tertiärschichten, welche mannigfach eingetheilt sind, am naturgemässesten aber in zwei Abtheilungen, eine ältere (Eocän im weiteren Sinne) und eine jüngere (Neogen, oder Miocän und Pliocän zusammen) zerfallen, und die Quartär- oder Diluvialschichten, denen sich die Jetzwelt direkt anschliesst. Auf diese Weise stellen sich drei Hauptheile heraus, welche getrennt betrachtet werden müssen. Das Leben während der ganzen Periode ist wesentlich verschieden von dem der früheren, indem unter den Pflanzen die Angiospermen, Dicotyledonen wie auch Monocotyledonen, vorherrschen und von den Gymnospermen, unter welchen die Tannen die wichtigsten bleiben, und den Resten der Gefässkryptogamen, welche die Jetztzeit aufzuweisen hat, nur begleitet werden. Die niedere Thierwelt hat durchweg im Allgemeinen den Charakter der Jetztzeit angenommen

und nähert sich ihm auch im Einzelnen immer mehr, so dass man nach dem Verhältniss der mit lebenden Arten wirklich übereinstimmenden Muscheln die Hauptabtheilungen der Tertiärformation hat feststellen wollen. [1]) In den älteren Tertiärgebilden sind es im Ganzen nur wenige und oft noch einer Streitfrage unterworfene Arten, welche bis in die Jetztzeit fortdauern. In dieser älteren Periode herrschen auch noch einzelne abweichende Gruppen niederer Thiere vor, insbesondere unter den Foraminiferen oder geschalten und zusammengesetzten Urthieren die Nummuliten, welche in vielen Schichten gradezu massenhaft auftreten; dieselben gehören der untersten Abtheilung der auch hier von den übrigen Bildungen stark abweichenden Alpengebilde und anderen mittelmeerischen Gebirge (Aegypten) in vorragendem Grade an, und sind die eigenthümlichen Nummulitengesteine auf die untersten, in Deutschland ausserhalb der Alpen nicht vertretenen Tertiärablagerungen beschränkt. Von besonderer Wichtigkeit sind die Wirbelthiere, deren niedere Abtheilungen einschliesslich der wahren Reptilien nun schon eine ganz ähnliche Vertretung wie in der Jetztzeit aufweisen. Die warmblütigen Thiere spielen ihnen gegenüber jetzt die vorragende Rolle; die Vögel haben den fremdartigen Charakter abgestreift, sind mit dem ihnen jetzt eigenen Hornschnabel ausgestattet und treten in theilweise ziemlich grossen Formen auf. Besonders aber sind die Säugethiere wichtig, die gleichsam mit einem Schlage in einer Fülle von Formen und in verschiedenster Grösse, theilweise mit gigantischen Arten, zu Beginn der Tertiärzeit auftauchen. Dabei ist es bemerkenswerth, dass, während die kleinen und sparsamen Säugethierreste bis dahin ausschliesslich den Beutelthieren zuzurechnen waren, jetzt erst die mit Gefässverbindung zwischen dem Mutterthier und dem ungeborenen Jungen, mit dem Mutterkuchen, versehenen Formen neben jenen Beutelthieren und sie weit an Zahl und Bedeutung überragend auftreten. Noch sind aber nicht alle Abtheilungen vertreten, wenn auch verschiedene Hauptreihen — Walthiere, Hufthiere, Raubthiere, Nagethiere und Insektenfresser nebst Fledermäusen — bereits vorhanden sind. Auch sind die Formen, besonders die der Hufthiere, noch stark von den lebenden abweichend; namentlich hat sich Amerika in neuester Zeit als der Sitz abenteuerlicher, meist den unpaarzehigen Hufthieren angehöriger — theilweise riesengrosser — Thierformen herausgestellt, unter denen Verwandte der Nashörner und der Pferde (noch mit 5 bis 3 Zehen) hervorzuheben sind. Den

1) Lyell normirte diese Zahlen im Eocän auf $3^1/_2$ Procent, von denen der grösste Theil auf das obere Eocän fällt, im Miocän auf 17 bis höchstens 26, und in dem — im Ganzen in ziemlich unbestimmter Weise gegen das Miocän abgegrenzten — Pliocän in den unteren Schichten auf 30—50 Procent, die aber nach oben bis an 90 Procent steigen, im Mittel auf mindestens 52 Procent.

Tapiren ähnlicher sind die in den oberen Schichten des Frühtertiärs — deren Epoche schon in Deutschland durch gleichzeitige Gebilde vertreten ist — besonders bei Paris, im Montmartre-Gypse, aufgefundenen Paläotherien, sodass doch auch die drei Hauptgruppen unserer unpaarzehigen Hufthiere („Dickhäuter") bereits angedeutet sind, wenn die damaligen Arten und Geschlechter auch im Einzelnen auffallend von ihnen abweichen. Die paarzehigen Hufthiere sind ebenfalls bereits abgezweigt, aber fast durchgängig durch Formen vertreten, welche zwischen unseren paarzehigen Dickhäutern (Schweinen, Flusspferden) und den Wiederkäuern die Mitte halten; dahin gehören die ebenfalls im Gypse bei Paris häufigen Anoplotherien, die „Braunkohlenthiere" oder Anthracotherien und viele andere Geschlechter. Bis Ende der alten Tertiärzeit ändert sich der Charakter dieser Säugethierwelt, mit dem starken Uebergewichte der Dickhäuter, nicht wesentlich, so dass die obige Eintheilung[1]) in der That die zweckmässigste scheint. In diese ältere Periode fällt nun die Ablagerung der norddeutschen Braunkohlebildungen, einer für das industrielle Leben unseres Vaterlandes überaus wichtigen Schichtengruppe, welche nicht nur in vorragender Weise für Industrie und häusliches Leben Brennstoff, sondern auch in gewissem Grade Beleuchtungsmaterial (Solaröl, Paraffin aus dem der Braunkohle beigemengten Pyropissit) liefert und daher mit Recht Hauptgegenstand unserer bergmännischen Thätigkeit geworden ist. Die Bildungen, welche der Masse nach zumeist aus Sand (auch Sandstein) bestehen, aber mächtige Kohlenflötze in wechselnder Zahl, auch Thone — z. Th. wie die Halle'schen „Kapselthone" gutes Ziegeleimaterial — und Mergel führen, bedecken unter dem eigentlichen (diluvialen oder quartären) Schwemmlande einen grossen Theil der Provinz Sachsen, die Gegend um Weissenfels, nördlich von Leipzig, rings um Halle, nördlich vom Unterharze, um Magdeburg, sind aber weiter im Westen in der Gegend von Helmstedt, dann wieder an der Innerste, Leine und Weser vorhanden und tauchen an einzelnen Punkten zwischen dem nördlichen Schwemmgebilde, namentlich durch die Mark hindurch, immer wieder auf. Besonderes sind in dieser Beziehung der Flemming, die Lausitz und Niederschlesien, die Gegend um Frankfurt an der Oder, Neustadt-Eberswalde und der Netzedistrikt zu nennen. Nur mit Unrecht scheinen diese Braunkohleablagerungen als Süsswassergebilde bezeichnet zu sein; sie bilden in der That ein ursprünglich zusammenhängendes, erst durch spätere Wegschwemmungen zerrissenes breites Band, das wohl aus entschiedenen, theilweise — namentlich in den Sanden — sehr versteinerungsarmen Strandbildungen besteht, nirgend aber wahre Süsswasserthierreste enthält. Die Kohlebildung

---

1) Namentlich ist dieselbe auch durch C. Mayer vertreten, in Oesterreich allgemein angenommen.

selbst aber lässt sich sehr wohl in der nämlichen Weise, bei wie der Steinkohle, und ohne die Annahme von einzelnen Süsswasserbecken erklären. Eine solche Annahme aber würde den Lagerungsverhältnissen gradezu widersprechen. Bedeckt sind die norddeutschen Braunkohlebildungen, deren totale Mächtigkeit wohl 100 Meter nicht übersteigen dürfte, durch einen ziemlich fetten, aber mit gewissen Kalkabsonderungen (Septarien) erfüllten und oft danach benannten Thon, der auch noch bei Königsberg die der norddeutschen Braunkohle ungefähr gleichzeitige an Bernstein reiche thonige „blaue Erde“ und die darüber befindliche samländische Braunkohle bedeckt, der aber nicht minder jenseit des Rheines, besonders bei Rupelmonde, ja sogar im Rheinthale, östlich und nördlich von Mainz, wieder auftaucht, also ein sehr verbreitetes und durch seine Versteinerungen wohl kenntliches Schichtenglied bildet. Er wird deshalb auch als Hauptvertreter einer besonderen Stufe angesehen,[1]) welche um so wichtiger erscheint, als sie nebst den nächsttieferen Braunkohlegebilden und den ihnen gleichzeitigen Montmartregypsen häufig mit der untersten Abtheilung des folgenden Hauptabschnittes zusammengefasst wird, daher die Mitte einer besonderen, als „Oligocän“ zwischen das eigentliche ältere Tertiär und das jüngere eingereihten Schichtengruppe bildet. Ueber dieser Schicht von Rupelmonde, jetzt gewöhnlich kurz als „Rupelthon“ bezeichnet, geht eine grössere Veränderung innerhalb der Tertiärwelt vor, die äusserlich auch dadurch angedeutet wird, dass die schon im älteren Tertiär bemerkbare Trennung in verschiedene „Becken“, welche lokal stark von einander abweichen, oft, z. B. um Paris, gradezu von den übrigen Meerestheilen getrennt und zeitweilig als Süsswassergebilde entwickelt sind, jetzt eine immer entschiedenere wird. So werden die Bildungen in Centralfrankreich, in der Schweiz, theilweise auch die um Mainz geradezu „Süsswasserbecken“, in denen neben vielen Landthier- und Landpflanzenresten wirkliche Süsswasserbewohner ihre Schalen, Knochen, Abdrücke u. s. w. hinterliessen. Es liegt auf der Hand, dass dieses Verhalten strenge Schlüsse auf Gleichzeitigkeit der Bildungen verschiedener Gegenden ausschliesst, während der allgemeine Charakter der organischen Reste meist ziemlich sichere Schlüsse hinsichtlich des ungefähren Alters zulässt. In dieser Beziehung ist unter den Säugethieren die Annäherung an die Formen des Jetztwelt bemerkbar. Nashörner, Pferde, Flusspferde, die Wiederkäuer erscheinen; noch wichtiger sind die Rüsselthiere, Elephanten, Mastodonten und Dinotherien; ferner sind die meisten Raubthierfamilien, viele Nager und Insektenfresser und hochentwickelte Affen vertreten. Im ausseralpinen

1) Wir bemerken, dass dies die Stufe von Tongres ist; unter derselben liegt die ligurische Stufe, zu welcher die Braunkohlen Norddeutschlands etc. zu rechnen, noch tiefer die Stufen von Barton, Paris („muschelreicher Grobkalk“), London und Soissons.

Deutschland ist es namentlich der Anfang dieser jungtertiären Zeit, den man oft noch als „oligocän" den nächstfrüheren Bildungen anreiht, welcher praktisch wichtig wird. Denn jetzt lagerten sich — gleichzeitig mit manchen Thonen, Mergeln und Sanden in Nordwestdeutschland und um Mainz, aber auch mit manchen Trachyt-, Klingstein- und Basalttuffen, denn, wie sich im Verlaufe zeigen wird, jetzt hatten auch die Eruptivgesteine der Tertiärzeit in Mitteldeutschland ihre grösste Bedeutung — die ältesten der Braunkohlen vom Niederrhein, von der Wetterau und Hessen und in Böhmen ab.[1]) Noch später, in der eigentlich miocänen Zeit, bleiben aus dem ausseralpinen Deutschland zunächst die unmittelbaren Fortsetzungen jener Braunkohlen, besonders der Böhmischen, ferner im Mainzer Becken die Littorinellenkalke und der über ihnen lagernde Knochensand (mit Dinotherien), ausserdem aber nur unbedeutende Bildungen im Nordwesten zu erwähnen, theils sandige, theils mehr thonige Mergel mit vielen Muschelresten von Osnabrück, Bersenbrück, einigen Punkten Westfalens und von der Insel Sylt. Im Alpengebiete aber lagern sich über die unteren Tertiärgebilde, welche über dem Nummulitengebirge erst mit dem sandig-schiefrigen Fischschiefer, auch Dachschiefer führenden Flyschgebirge abschliessen, westlich die mächtigen — durch Bohnerze in der Schweiz und Bayern wichtige — Molassebildungen, hie und da von Süsswasserabsätzen unterbrochen, östlich die vielgegliederten Absätze des Wiener Beckens. Letztere sind dadurch wichtig, dass sie mächtige Salzlager führen, welche am Nordhange der Karpathen, bei Wieliczka, Bochnia, und weiter östlich grosse Bedeutung erlangen, selbstverständlich von Gyps begleitet und vermuthlich mit den wichtigen, schwefelführenden sicilischen Gypsen etwa gleichzeitig, während das ebenfalls tertiäre, frei anstehende Steinsalz von Cardona in Catalonien dem älteren Tertiär zugeschrieben wird.[2]) Ausserdem bilden sich auch in dem östlichen Alpengebiete in der jüngeren Tertiärzeit manche Sonderbecken, welche die Braunkohle von Steiermark u. s. w. liefern. Die Subapenninbildung, die gleichzeitig mit dem englischen Pliocän, der mergelig-kalkigen, muschelreichen Cragbildung, anzusetzen ist, hat wohl in Belgien, nicht aber in Deutschland Vertretung.

Desto wichtiger ist für uns das Quartär oder Diluvium, welches zwar, wie bemerkt, in die neuesten, den jetzigen Landbildungen und Bewässerungsverhältnissen entsprechenden Alluvionen ganz allmählig

---

1) Die betreffende Stufe ist die aquitanische, der die von Mainz, die helvetische (die Molassezeit), die von Tortona (gleichzeitig mit der Mainzer Epoche, mit Oeningen, Sylt) und die eigentlich pliocänen oder subapenninischen Stufen (von Messina und darüber die von Asti) folgen, während die „Saharastufe" dem Quartär entspricht.

2) Das von Cordova, im Grünsand befindlich, sogar der Kreideformation.

überführt, doch aber einer getrennten Besprechung zu unterziehen ist. Dies ist schon wegen der gänzlich verschiedenen Verhältnisse von Land und Meer, namentlich wegen der Ueberfluthung eines grossen Theiles von Europa durch das Meer nothwendig, welche auf ein in der jüngeren Tertiärzeit bemerkbares Emportauchen des Landes folgte und erst beim Uebergange in die Jetztzeit wieder wich. Obwohl die Absätze der Diluvialzeit, auf höchstens etwa 100 Meter geschätzt, sich nicht im entferntesten mit denen irgend einer der früheren Perioden vergleichen können und danach auch eine erheblich kürzere Zeit zu ihrem Absatze erforderten, so geht doch aus allen geologischen Beobachtungen, namentlich aus denen der heutigen Absätze im Wasser zur Genüge hervor, dass eine absolut genommen überaus lange Zeit über jene Ueberschwemmung vergangen sein muss, die mit etlichen Hunderttausenden von Jahren gewiss nicht zu hoch veranschlagt ist. Während dieser Zeit fand gegen früher und später eine — selbstverständlich allmählig eintretende und sich verlierende, daher auch im englischen Crag schon durch das allmählige Ueberhandnehmen nordischer Muschelformen sich vorbereitende — Abkühlung der Temperatur statt; das Klima Europas war zur Diluvialzeit und namentlich in der späteren Hälfte derselben rauh, eisig, und dies hatte wichtige Folgen für die Ablagerungen, die sowohl in den Umgebungen der Alpen, als in dem nördlichen, an Skandinavien angrenzenden Ocean unter wesentlicher Mitwirkung der Gletscher sich bildeten. Vor dem Eintritte der stärksten Abkühlung oder der sogenannten Eiszeit bildeten sich noch Fluss- und Meeresablagerungen ähnlich den sonst zu beobachtenden; wir erinnern nur an die mächtigen Thone des unteren Diluviums der Mark, an die für die Ziegelindustrie überaus wichtigen Glindower Thone, und an manche kalkige Ablagerungen, z. B. an die Süsswasserkalke von Taubach u. a. O. bei Weimar, mit ihren reichen Knochenresten lebender und ausgestorbener Thiere, unter denen ein vom späteren Mammuth verschiedener Elephant, Elephas antiquus, hervorzuheben, und mit zahlreichen Schalen meist lebender Landschnecken u. s. w. Dann aber tritt eine namhafte Aenderung ein. „Findlingsblöcke“, grosse, aus der Ferne stammende Gesteinsstücke finden sich nun im Norden Deutschlands in Masse, skandinavischen Ursprungs und mit Gletscherschlamm und vielen kleineren, nochmals durch die Strandfluthen gerollten Steinstücken vermischt, auf alle Fälle durch Eisberge, ins Meer vorgeschobene Gletscherstücke, transportirt. Auf diese Weise entstanden die im vorigen Kapitel erwähnten nordischen Geschiebemergel oder Geschiebelehme mit ihren mannigfachen Uebergängen in eigentliche Geröllschichten, Grande oder Kiese, und in ihrem bunten Wechsel zwischen den Sanden der Diluvialablagerungen der Eiszeit. Ausgezeichnet sind die durch zwei ausgestorbene Thierarten, Mammuth (Elephas primigenius) und Wollhaarnashorn

(Rhinoceros tichorrhinus), die sicher als hochnordisch anzusehen sind, durch Haarbedeckung von den Arten der warmen Zone unterschieden, von jetzt noch in Sibirien wachsenden Pflanzen sich nährend. Auch die übrigen Thiere, welche gleichzeitig lebten, deuten, so weit sie jetzt noch existiren, auf kaltes Klima, wie namentlich Renthier, Lemming, aber auch Ochs, Pferd, Elen u. a. m.; von anderen, insbesondere den höhlenbewohnenden Raubthieren, kann dasselbe wenigstens mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden. In ganz ähnlicher Weise, nur noch unmittelbarer von den Gletschern abhängig, fanden die Absätze der Eiszeit in der Umgebung der Alpen statt, und auch hier fanden vor Eintritt der grössten Kältezeit andere, nicht glaciale (also vorglaciale) Absätze statt, unter denen die diluvialen Braunkohlen vonUtznach u. a. O. der Schweiz, gleichfalls mit Elephas antiquus (und einem vom Rhinoceros tichorrhinus ebenfalls abweichenden Nashorn, Rh. Merkii) hervorzuheben sind. Es ist keiner Frage unterworfen, dass ähnliche Eiszeiten ziemlich gleichmässig über die Norderdhälfte verbreitet waren; minder scharf ist die Gleichzeitigkeit mit den auf der Süderdhälfte, in den Pampas Südamerikas, in Australien, Neuseeland vorkommenden ähnlichen Gebilden; doch steht auch für diese ein verhältnissmässig junges Alter und ein Zusammenhang mit der Jetztwelt fest, da überall mit ausgestorbenen Säugethieren — in Südamerika mit Riesenfaulthieren, Pferden, in Australien mit riesigen Beutelthieren, aber auch Elephanten, in Neuseeland mit Riesenvögeln, welche den Straussen glichen — sich viele Thierreste von solchen Arten finden, welche noch heutzutage in den dortigen Gegenden leben. Ebenso weit verbreitet sind die nach der Eiszeit auftretenden Erscheinungen, unter denen eine bis vor Kurzem noch räthselhafte Bildung, der Löss, eine Hauptrolle spielt. Es gelang v. Richthofen, in China den Schlüssel zu den Vorgängen zu finden, welchen diese, gleich dem Gletscherschlamm und Geschiebemergel für den Ackerbau höchst wichtige Bildung, deren Zusammensetzung oben ausführlich besprochen, ihre Entstehung verdankt; nicht nur die Bestandtheile, auch die Lockerheit, der Reichthum an gewissen leichten Landschneckenschalen (Succinea oblonga, Helix hispida, Pupa muscorum), die Abwesenheit gröberer Trümmer, vor Allem aber die Verbreitung giebt zu erkennen, dass der Löss wesentlich durch Winde (subaërisch, als Steppenbildung) transportirt ward. In dieser Hinsicht ist die Ansammlung an den der Richtung der herrschenden Winde abgekehrten Hängen, wie sie Fig. 4 in *ll* über einem aus den Schichten *m* gebildeten Abhange zeigt, von besonderem Interesse. Die im Löss enthaltenen Säugethierreste, welche an die Eiszeit anknüpfen und jedenfalls noch ein kaltes Klima anzeigen, stammen doch grösstentheils von lebenden Arten, wie z. B. das Mammuth bald nach Beginn der Lösszeit erlischt. Das Klima Europas ward um diese Zeit sicher

nur allmählig, wie das langsame Verschwinden vom Renthier zeigt, aber doch continuirlich wärmer, und zwar, wie es scheint, wesentlich in Folge zweier Ereignisse, die eine Temperaturerhöhung grade dieser Gegend hervorbringen mussten, durch die Schliessung der Landenge von Panama, welche uns den Golfstrom zuführte, und durch die Verwandlung des grössten Theils von Nordafrika, das bis dahin vom Meere bedeckt war, in eine heisse und weit über ihre Grenzen hin wärmende Sandwüste. —

Die Lösszeit leitet zunächst in die altalluviale Zeit hinüber, während welcher unsere Flussläufe minder vertieft, auch hie und da abweichend gerichtet waren. In den breiten, flachen Thälern lagerten sich in ziemlichen Mengen feine Sande ab (Thalsande), die dann von den Winden zusammengefegt wurden und zur Bildung der in der Jetztzeit am Seestrande gewaltig aufgethürmten, beweglichen — erst durch Vegetation und in bleibender Weise nur durch Waldvegetation, hauptsächlich Kieferwaldung, am Wandern gehinderten — Dünen Veranlassung geben, welche bis weit in die norddeutsche Ebene sich

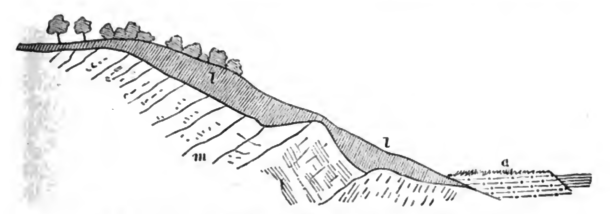


Fig. 4. Löss (*l*) discordant auf geschichtetem Gebirge (1—6) an der dem Winde abgekehrten Seite eines Hanges.

verfolgen lassen. Allmählig schneiden sich die Wässer tiefer ein, daher man die altalluviale Zeit auch die „Terrassenperiode" genannt hat. In der Jetztwelt endlich erscheinen die Thäler und Flussläufe, in denen sich die Stauungen oder Seebeckenbildungen, wenn irgend das Gefälle und das thalabwärts gelegene Terrain es zulässt, mehr und mehr ausgleichen, doch aber ausser den gewöhnlichen, im süssen Wasser wie im Meere vor sich gehenden Sand- und Schlammabsätzen (den jüngsten, meist humusreichen Sandbildungen und den „Wiesenthonen") noch mancherlei besondere, praktisch wichtige Ablagerungen zeigen, welche nicht ohne stärkere Anstauungen des Wassers sich denken lassen, insbesondere die Torfablagerungen und die Wiesenkalke. Von ersteren werden die Moostorfe, auch Hochmoore genannt, da die Moosdecke das Wasser hochzuziehen und so sich über das ursprüngliche Niveau zu heben vermag, die Haidetorfe und die gewöhnlichen, aus

Sumpfpflanzen aller Art gebildeten Torfe unterschieden, sämmtlich mit mehr oder weniger vorgeschrittener humoser und kohliger Zersetzung, wahre Braunkohlen des süssen Wassers und wesentlich jungen oder vielmehr allerjüngsten Datums. Die Wiesenkalke, welche oft unter den Torfen angetroffen werden und eine viel grössere Mächtigkeit, als die meist nur wenige Meter messenden Torflager, in der Mark z. B. bis etwa 10 Meter mächtig, gefunden werden, treten in einen gewissen Gegensatz gegen die Tuffkalke, die oben erwähnten porösen Absätze aus Quellen, die in kalkreichem Gebirge entspringen und ganz den vorerwähnten diluvialen Tuffkalken gleichen. Noch eine vielfach mit den Torfbildungen verknüpfte Art von Ablagerungen gestauter Gewässer sind die Raseneisensteine und Wiesenerze, meist ziemlich unreine, mit Eisenphosphaten und Silikaten, auch mit Quarzsand gemengte Brauneisensteine. Es kann hier nur flüchtig darauf aufmerksam gemacht werden, dass Reste von Menschen unleugbar sich in der ganzen Eiszeit des Diluviums und in immer wachsender Häufigkeit durch die Alluvialzeit finden, sowohl in Knochen bestehend, als in Erzeugnissen menschlicher Industrie, nach deren verschiedenartiger Beschaffenheit man die älteste, roheste Steinzeit oder das Zeitalter des Mammuth und des Höhlenbären, die Zeit der vollkommneren, aber noch unpolirten Steingeräthe oder die — nach dem damals in Mitteleuropa vorherrschenden, jetzt nur noch hochnordischen Begleitthiere der Menschen benannte — Renthierzeit, darauf die schon höher entwickelte Zeit der polirten Steingeräthe, die Broncezeit und die Eisenzeit abtheilt. Letztere drei fasst man auch wohl als „vorhistorische", der — jungalluvialen, also geologisch im engbegrenzten Sinne gefassten — Jetztwelt angehörige Epochen zusammen. In diese Epoche fallen die ersten wahren Culturerscheinungen, künstliche Hügelgräber, Pfahlbauten, Spuren von Wanderungen. —

Dies ist in gedrängtester Uebersicht die vollständige Reihenfolge aller geschichteten Gebirge der Erde, durch eine lange Reihe von Untersuchungen in ihren gegenseitigen Altersverhältnissen festgestellt und in ihren organischen Einschlüssen einen grossen Theil der Geschichte der Erdbewohner repräsentirend. Verhältnissmässig unwichtig ist dieser Bestimmung des relativen Alters gegenüber die des absoluten Alters, das man mit Hülfe einer Vergleichung mit dem sehr langsamen Wachsen der Absätze in den Gewässern, welche sich jetzt noch bilden, auf ein sehr langes, jedenfalls eine lange Reihe von Jahrmillionen, zu schätzen gezwungen ist, das man aber immer innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken lassen muss. Die grossen Zeiträume, welche man auf diesem Wege sich herausrechnet, werden aber vielleicht noch zu vergrössern sein in Folge der Möglichkeit, dass man die Bildungen des Schichtgebirges nicht vollständig kennt, d. h. dass an bestimmten Stellen der aufgezählten Reihenfolge sich Lücken

finden, dadurch veranlasst, dass die uns bekannten Schichtgebilde zu der bestimmten Epoche zeitweilig nicht unter Wasser versenkt waren, daher nicht von den der Zeit nach ihnen eigentlich folgenden Bildungen, sondern erst später von noch jüngeren bedeckt wurden. Solche Stellen, wo gewisse Theile des Schichtgebirges als fehlend anzunehmen, hat man namentlich an den Grenzen der Schichtformationen vermuthet, und in der That hat sich auch nicht selten gezeigt, dass in die Zeit zwischen zwei grösseren Abtheilungen an gewissen Stellen bestimmte Ablagerungen fallen und mit einem anderwärts vorhandenen Hiatus oder Zwischenraume gleichzeitig sind. In dieser Beziehung ist der Zwischenraum zwischen Jura- und Kreideformation besonders lehrreich. An den meisten Oertlichkeiten eine längere Unterbrechung darstellend, giebt er sich in Norddeutschland und England als die eigenthümliche Flachbeckenbildung des Weald zu erkennen, welche sich direkt auf die obersten Juraschichten lagert. Ueber dieser findet sich aber immer noch eine Lücke, und erst etwas spätere Glieder unteren Kreide liegen darüber. In dieser Hinsicht sind nun die Alpen von Wichtigkeit, in welchen sich eine ununterbrochene Schichtenfolge von oberstem Jura bis in unzweifelhafte Kreide hat nachweisen lassen. Noch bedeutendere Abschnitte, die bis jetzt nicht völlig durch auswärtige Schichtgebirge gedeckt sind, finden sich zwischen Zechstein und Buntsandstein, zwischen oberstem Tertiär und Quartär, während für die Uebergänge von Kreide und unterstem Tertiär doch wohl die Pyrenäen und vielleicht das Felsengebirge bei noch speciellerem Bekanntwerden Beispiele liefern werden.

Ueberhaupt aber sind die Unterbrechungen in der Stufenfolge des Schichtgebirges an bestimmten Lokalitäten äusserst häufig; nur hat man in der Mehrzahl der Fälle vollauf Gelegenheit, die so entstandenen Lücken zu controliren und sich klar zu machen, wie viel von der vollständigeren, normalen Schichtreihe ausgefallen ist. Diese Unterbrechungen sind für die Erdgeschichte, wie in praktischer Hinsicht von allergrösster Wichtigkeit. Hinsichtlich der Erdgeschichte zeigen sie, dass der betreffende Ort (grössere oder kleinere Distrikt) zu einer bestimmten Zeit, welche erst mit dem neuen Absatze, mit der tiefsten der über der Lücke befindlichen Schichten, aufhört, aus dem Wasser emporgehoben war. Dies bedingt nun wiederum die Möglichkeit, dass die älteren Schichten vom Regenwasser, vom Flusswasser, von den Strandwellen u. s. w. angegriffen, theilweise weggespült oder wie man sagt, „erodirt“ wurden. Die Erosion war selbstverständlich hier stärker, dort schwächer, je nachdem die Gesteine dem Wasserangriffe stärker oder minder stark ausgesetzt waren. Und so sehen wir stets die auf eine grössere Unterbrechung folgenden Schichten gleichförmig über eine ungleichförmige Grundlage sich ausbreiten. Dies ist das Hauptkennzeichen derselben, der „Discordanzen“ oder discordanten,

auch inconformen Auflagerungen, während im Gegentheil bei ununterbrochener Schichtenfolge eine völlige Uebereinstimmung der nächstliegenden Schichten in Richtung u. s. w. sich zeigt und „concordante Lagerung“, Concordanz, conforme Lagerung genannt wird. Im Allgemeinen sind die Discordanzen daher leicht zu erkennen; man hat sich nur vor voreiligen Schlüssen zu hüten, welche man aus einer zu geringen Menge von Beobachtungen ziehen könnte. Man würde z. B. irren, wenn man eine örtlich begrenzte Verkippung oder Verrutschung gewisser Schichtenpartien eine Diskordanz nennen wollte, oder wenn man in einer ununterbrochenen Schichtenfolge, nicht in einem zusammenhängenden Profile, vorkommende Unregelmässigkeiten ohne Weiteres auf eine Diskordanz schieben wollte, da in deren Zwischenraume sich möglicher Weise eine andere Erklärung ergeben kann. Im Gegentheile darf man aber auch aus einer an einer vereinzelt beobachteten Gleichförmigkeit der Schichtenauflagerung nicht auf Concordanz schliessen, und hat dabei immer auf benachbarte Punkte und auf die Natur der Schichten selbst zu achten. So kommt es im Norden des Harzes vor, dass die stets discordant auf älterem Gebirge ruhende untere Kreide anscheinend ganz conform hier auf dem weissen Jura, dort auf oberer Trias liegt; in beiden Fällen aber würde die Annahme einer Concordanz ein gänzliches Verkennen der geologischen Verhältnisse veranlassen. Solche Discordanzen kommen am häufigsten zwischen den einzelnen Formationen vor; in der That können die sämmtlichen Formationen an ihren Grenzen discordant auflagern und thun dies auch meistens, wenngleich es nicht immer der Fall ist. Ferner finden sich Discordanzen zwischen den Formationsabtheilungen nicht selten; insbesondere zwischen Culm und Steinkohle, zwischen Rothliegendem und Zechstein, zwischen oberer und unterer Kreide; kleinere, aber örtlich doch von bedeutenden Folgen begleitete Discordanzen sind innerhalb der oberen Kreide, sowie zwischen den einzelnen Abtheilungen der Diluvial- und Alluvialformation vorhanden.

Den Beginn der Zeit zu bestimmen, während welcher die Schichtenablagerung an der betreffenden Stelle unterbrochen war, ist nicht immer leicht, während das Ende einfach zu beobachten ist und selbst dann keine Schwierigkeiten zu machen pflegt, wenn die erste Schicht, welche über der Discordanz folgt, ein versteinerungsleeres Trümmergebilde ist; denn meistens schliesst es sich doch eng an die folgenden Bildungen an. Dass aber solche Trümmerschichten häufig den neuen Beginn der Ablagerungen bezeichnen, liegt in der Natur der Sache. Hinsichtlich des Anfangens muss man sich immer an die jüngste der discordant überlagerten Schichten halten. So ist z. B. in Fig. 5, wo die untere Kreide die sämmtlichen Schichtengruppen vom Keuper bis zum weissen Jura direkt überlagert, unbedingt anzunehmen, dass vor dem Emportauchen des Landes, das die Lücke in den Ablagerungen

und die Erosionen der zuvor abgelagerten Gebilde zur Folge hatte, erst noch die Schichten des weissen Jura abgesetzt waren. Sie könnten sonst nicht in so bedeutender Mächtigkeit und ohne Auskeilung unter der unteren Kreide (dem Neocom) anstehen; während anderseits ihr Verschwinden in dem links gelegenen Theile des Profiles sehr wohl durch die zu Ende der Jurazeit beginnende und erst im Laufe der ältesten Periode der Kreidezeit endende Landentblössung (Denudation) und Erosion erklärt ist. In diesem Falle steht diese Annahme in bestem Einklange mit dem Flachwerden des Wealdbeckens im Nordwesten Deutschlands und in Südengland, dem ein Emportauchen des Strandes zur Seite stehen musste. Dass es in ganz ähnlicher Weise zu erklären, wenn z. B. im Norden des Harzes die obersten Kreidethone, Mergel u. s. w. nicht, wie es folgerichtig, auf dem Pläner lagern, sondern auf Thonen (Gaultthonen) der unteren Kreide, liegt auf der Hand; die Plänerbildungen sind schon in grosser Nähe so gleichförmig mächtig entwickelt, dass man die Dauer der Denudation

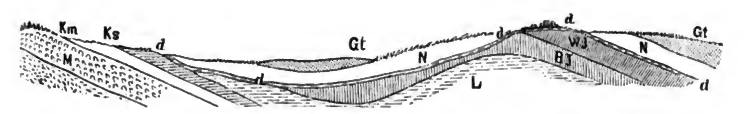


Fig. 5. *dddd* Discordanz. *B* Buntsandstein. *M* Muschelkalk. *K* Keuper. *R* Rhät. *L* Lias. *BJ* Brauner Jura. *WJ* Weisser Jura. *N* Neocom. *Gt* Gault.

in diesem Falle auf den Beginn der Zeit der obersten Kreide beschränken muss. Nicht immer lassen die Thatsachen so bündige Schlüsse zu. So kann z. B. bei einer der für Mitteldeutschland wichtigsten Discordanzen, bei derjenigen, welche vor Beginn der oberen Hälfte der Kreideformation zu setzen, die Dauer der Denudation nicht überall festgestellt werden. Im südlichen Westfalen lagern die Gebilde der oberen Hälfte der Kreide, zunächst der Grünsand von Essen, dann der Pläner u. s. w. nicht, wie am teutoburger Walde, auf der unteren Hälfte der Kreide, sondern auf verschiedenen Schichten der Steinkohlenformation. Bei Worbis liegt eine isolirte Kreidescholle auf Trias; die böhmisch-sächsische Kreide lagert auf verschiedenen Gebilden, doch zeigen hier schon einzelne Schollen von Juragebilden, dass die Lücke sich höchstens bis zum Jura zurück erstreckt; noch deutlicher ergiebt sich dies aus den Lagerungsverhältnissen der niederbayerischen Kreide. Eine Andauer der Landentblössung ist daher mit grosser Wahrscheinlichkeit nur etwa über die Zeit der unteren Kreide auszudehnen,

von welcher sich an allen den betreffenden Oertlichkeiten keine Spur findet.

In praktischer Hinsicht liegt die Wichtigkeit der Folgerungen, welche sich aus dem Auftreten der Discordanzen ergeben, auf der Hand. Man kann an solchen Punkten in der aufsteigenden Reihe der Schichtgebilde, an welchen erfahrungsmässig Unterbrechungen auftreten, niemals mit Bestimmtheit angeben, welche Schichten man über und unter den grade vorliegenden antreffen wird. So viel aber ergiebt sich, dass man unter einer Schicht stets mit annähernder Gewissheit die liegenden Glieder derselben Formation erwarten darf. In manchen Fällen geht dies sogar noch weiter, da man z. B. unter den Juraschichten in den allermeisten Fällen die Trias conform lagern findet; in anderen ist es dagegen einzuschränken, wie namentlich in dem Falle der oberen Hälfte der Kreide. So würde man in Böhmen unter dem Sandsteine der obersten Kreide wohl die Mergel und tiefen Sande der oberen Hälfte der Kreide, aber nie die untere Kreide erwarten. Auch örtliche Abweichungen kommen vielfach vor. So hat man an vielen Punkten Mitteldeutschlands (Sachsen, Saarbrücken) ein concordantes Unterlagern der Steinkohlebildungen unter dem Rothliegenden beobachtet; man würde aber sehr irren, wenn man nun im Norden der Provinz Sachsen, bei Magdeburg, ein gleiches Verhalten erwarten wollte; hier lagert vielmehr das Rothliegende (Porphyrconglomerat u. dergl.) discordant auf den Culmbildungen.

Ausser den Discordanzen giebt es noch eine (bereits in Fig. 3, *b* in einfachster Weise dargestellte) praktisch ebenso wichtige und oft ähnliche Enttäuschungen bereitende Erscheinung im Schichtengebirge, das Auftreten von Trennungsflächen oder Spalten in den verschiedensten Richtungen, immer aber quer oder schief auf den Schichtflächen stehend, an welchen eine Verrückung (eine Verwerfung, ein Rücken, eine Dislocation oder auch Rutschfläche) der Schichten stattfindet. Eine und dieselbe Schicht setzt sich daher jenseits einer Spalte gewöhnlich nicht in demselben Niveau fort, sie hat an den beiden „Flügeln“ der Spalten verschiedene Höhe, und zwar gelangt man, von dem einen Flügel anfangend, in derselben Höhe an tiefere Schichten oder an höhere, so dass dort die nämliche Schicht noch oben, hier nach abwärts gerückt ist. Die Verwerfungen heissen in ersterm Falle Verwerfungen ins Hangende, in letzterm ins Liegende. Das Maass, um wie viel die Schicht höher gerückt ist, ist sehr verschieden; es kann von einigen Centimetern bis zu hunderten von Metern wechseln, auch bei einer Spalte ab- und zunehmen. Gemessen wird dasselbe senkrecht auf die Schichtflächen und heisst ihr Totalbetrag die Sprunghöhe. In der Mehrzahl der Fälle findet die Verwerfung in der Art statt, dass die Spalte, welche meist einen gewissen Winkel (sehr häufig zwischen 60 und 80°) mit der Horizontale bildet,

an ihrer oberen Seite tiefere, gleichsam abgerutschte, an ihrer unteren Seite höhere Lagen derselben Schichten zeigt, und nennt man daher diese Verwerfungen die normalen. Dagegen heissen solche Verwerfungen, bei denen im Gegentheil an der oberen Seite die nämlichen Schichten in höherem Niveau liegen, Ueberschiebungen. Nicht selten finden sich mehrere Verwerfungen in ungefähr gleichlaufender Richtung in einem Schichtgebirge, und in diesem Falle sind die Verwerfungen oft staffel- oder treppenförmig, d. h. alle nach derselben Richtung entweder ins Hangende oder ins Liegende gerichtet, in anderen Fällen dagegen befindet sich der zwischenliegende Theil höher oder tiefer als die beiden angrenzenden, „gehoben“ oder „gesenkt“. Aber auch quer auf die Richtungen solcher paralleler Systeme kommen Verwerfungsspalten vor, so dass nicht selten grössere Schichtpartien unregelmässig viereckig von Verwerfungen abgegrenzt sind.

Dass fast keine Partie des geschichteten Gebirges, die ursprüngliche, nahezu oder völlig horizontale Lage bewahrt hat, ist bereits zu Eingange gesagt; es kann jedoch hier nicht die Aufgabe sein, die Theorie dieser Schichtenfaltungen, auf welche, wenn sie gehäufter und stärker vorkommen, die Gebirgsbildung zu allermeist zurückzuführen ist, zu begründen und im Gegensatze zu den oft abenteuerlichen Annahmen eines Emportreibens der Gebirge von unten oder eines Berstens und Einsturzes von Erstarrungsschollen die Existenz eines seitlichen Schubes zu erweisen, der in der That genügt, alle Unebenheiten der Erdoberfläche — sofern nicht wirklich emporgedrungene vulkanische Massen daran betheiligt sind —, alle Schichtenhebungen und Faltungen, aber auch die Spaltbildungen, eine Folge ungleicher Widerstände, durchaus zu erklären. Wie man nun diesen seitlichen Schub, dies Drängen von Erdmassen sich erklären will [1]), bleibt sich für die praktischen Zwecke, welche wir hier verfolgen, gleich; sicher ist es, dass in den Gebirgen die Schichten im Allgemeinen stark und mannigfach gebogen sind und dass nach dem Flachlande zu diese Faltungen minder stark und dagegen weiter ausgedehnt sind. Die so gefalteten und emporgetriebenen Schichten sind nun vom Wasser in der mannigfachsten Weise abgetragen und eingeschnitten, so dass in der That unsere Gebirge nur Ruinen der emporgedrängten Theile des Schichtgebirges und der eruptiven Massen vorstellen.

1) Ein Theil der drängenden Kraft wird wohl immer durch das Auflaufen der Schichten in Folge der Infiltration aus anderen (zerstörten, verwitterten) Massen oder Schichten hervorgebracht; daher auch dort, wo die den anderen Gesteinen ungleichen und im Allgemeinen viel Verwitterungsprodukte in Lösung liefernden Massengesteine vorherrschen, und besonders wo dieselben seit längerer Zeit vorherrschten, auch die Schichtenfaltungen am stärksten zu sein pflegen.

Es ist nun die zweite Aufgabe, die Schichten, deren relatives Alter das Schichtenprofil und ihre speziellere Untersuchung ergab, in ihrer eigentlichen oder **absoluten** Lage zu bestimmen. Dazu gehört 1) die Bestimmung des Punktes der Erdoberfläche, an welchem die in Frage kommende Schicht sich befindet. Beschränkt man sich dabei auf die der Oberfläche zunächst befindliche Schicht und grenzt man diese an den Stellen ab, wo die benachbarten Schichten an ihrer Stelle an die Oberfläche treten, so hat man die geologische **Karte**, die eigentliche Grundlage der Aufnahmen, welche dann aber nicht blos 2) durch die Aufzeichnungen der Reihenfolge der Schichten (durch eigentliche Profilirung) zu vervollständigen sind, sondern auch 3) durch die Bestimmung der Richtung, welche an jedem Punkte die Schichtflächen einnehmen, oder wie man sagt, durch die Bestimmung des **Streichens** und **Fallens** der Schichten. Das Streichen ist nämlich die Richtung, in welcher irgend eine Fläche, hier die Schichtfläche, horizontal verläuft. Diese Richtung wird gewöhnlich mit Hülfe des bergmännischen Compasses, Fig. 6, in der Weise gemessen, dass man denselben mit seiner Mittellinie (Nulllinie) auf die Streichlinie oder die Richtung des „Streichenden" legt und nun deren Abweichung von der magnetischen Nordlinie von dem zu diesem Behufe in verkehrter Richtung beschriebenen Compasse abliest. Die Eintheilung des Kreises geschieht entweder nach Graden oder häufiger nach Stunden oder Horae von je 15°; alsdann heisst die Nulllinie, d. h. die Richtung des magnetischen Meridians die 12. Stunde oder Hora. Ueber *NW* nach *W* zu folgen nun die Stunden 1 bis 6, von *W* über *SW* nach *S* die Stunden 6 bis 12, letztere wieder mit der Nordrichtung übereinstimmend. Auf einigen Compassen (den ungarischen) werden nun die Stunden weiter von 13 bis 24 gerechnet, bei den meisten (z. B. den Freibergischen) nicht, und ist letzteres auch wegen der völligen Uebereinstimmung der Richtungen von 13 mit 1 u. s. w. vorzuziehen. Auf allen Compassen aber ist, wie in Fig. 6 ersichtlich, die Bezifferung der Art vorgenommen, dass umgekehrt von 12 oder 0 nach rechts die 11. Stunde und so fort folgt; bei *W* steht wieder die 6., dann aber folgen 5, 4, 3, 2, 1 und bei Süd wieder 12. Auf diese Weise

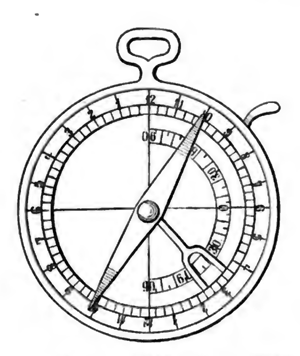


Fig. 6. Bergmännischer Compass.

kommt es, dass die Abweichung der Magnetnadel von der der Nulllinie des Instruments gleich gestellten Streichungsrichtung, welche eigentlich den Nebenwinkel des zu messenden ergeben müsste, sofort die Hora des Streichens ersehen lässt. Beim Auftragen derselben hat man selbstredend die wahren Richtungen der Stunden, nicht die im Compasse angezeichneten, zu benutzen. Diese bergmännische Bezeichnungsweise hat das gegen sich, dass man bei ihr die magnetische Nordlinie statt der geographischen auch für die Bezeichnung der Richtungen beibehält; dies aber geschieht nicht so allgemein, dass jedwede Zweideutigkeit wegfiele. Daher ist bei dem üblichen Verfahren der magnetische Meridian neben dem geographischen mit Hülfe der an dem Orte vorhandenen Declination aufzutragen. Die meisten Messungen sind immer nur annäherungsweise richtig, denn der bergmännische Compass gewährt keinen sehr hohen Grad der Genauigkeit; auf diesen aber kommt es bei den vielen Biegungen der Schichtflächen im Einzelnen auch nicht an, sondern es ist im Allgemeinen viel zweckmässiger, eine grössere Zahl von Punkten aufzunehmen und so möglichst viele Stellen des Gebirgs sich anschaulich zu machen. Und daher genügt für die meisten Fälle die Annahme eines ungefähren Werthes der Declination (man nimmt meist eine Stunde nach *W.* hin an, so dass also die 12. Stunde oder h. 12, wie sie der Bergmann nennt, etwa mit h. 11 nach dem geographischen Meridiane zusammenfiele und überhaupt, um auf letzteren reducirt zu werden, die Stunden um 1 niedriger anzusetzen wären). Am besten ist es, man überlässt diese Subtraktion jedem, der die Messung benutzt, und hält sich an den bergmännischen Brauch; oder man bezeichnet gradezu die Richtung nach den Weltgegenden. Alsdann entspricht h. 1 der Richtung von *N.* nach *S.*, h. 7 der von *O.* nach *W.*, h. 4 der von *NO.* nach *SW.*, h. 10 der von *SO.* nach *NW.*, h. $2^1/_2$ der von *NNO.* nach *SSW.* u. s. w. Dass man für besondere Fälle genauere Aufnahmen nöthig hat, braucht nur erwähnt zu werden; dann hat man statt des gewöhnlichen Taschencompasses einen grösseren anzuwenden, aber auch die Streichungsrichtung sorgfältiger zu controliren. Für die meisten Fälle reicht hierzu der Taschencompass aus, welcher nach Festschrauben der Nadel senkrecht gestellt werden kann und dann ein Pendel über einem besonderen Theilkreise schwingen hat, das in der Streichungslinie genau auf 0° stehen muss. Eine fernere Controle bietet aber noch die Ermittelung des Fallwinkels, welcher in der auf der Streichlinie rechtwinkligen Richtung am grössten ist, daher man diese Richtung die des Fallens (Einfallens, Verflächens) nennt. Dieser Werth des grössten Winkels, welchen irgend eine Linie auf der Schichtfläche mit der Horizontale bildet, ist das Maass des Flächenwinkels und wird sofort bei Senkrechtstellung des Compasses durch die Abweichung des Pendels von der Nulllinie ersicht-

lich. In Fig. 7 ist der Compass auf die Schichtfläche *hg* gesetzt; das Pendel *fc* bildet nun mit der Nulllinie *ed* denselben Winkel *def*, den *hg* mit der Horizontale *ab* bildet, nämlich *agh*, und wenn von *d* an nach beiden Seiten die Grade abzulesen sind, so zeigt das Ende des Pendels *f* die Zahl der Grade direkt an, welche man zu wissen wünscht. Dreht man nun den Compass in der ungefähren Richtung der Falllinie ein wenig, so ist leicht zu ersehen, dass nur in einer Stellung der angezeigte Winkel ein Maximum hat, in allen Nebenrichtungen etwas geringer ist. Die Stellung, in welcher jenes Maximum abgelesen wird, ist die wahre Fallrichtung und um 90° (einen rechten Winkel) von der Streichrichtung abweichend. Es ist zu beachten, dass man neben der Streich- und Fallrichtung auch noch anzugeben hat, nach welcher Seite des Compasses hin die Schicht fällt und nach welcher sie ansteigt; denn es ist klar, dass z. B. bei einem Streichen in h. 4 oder geographisch orientirt von *NO.* nach *SW.* und bei einer Richtung der Falllinie in h. 10 oder von *NW.*

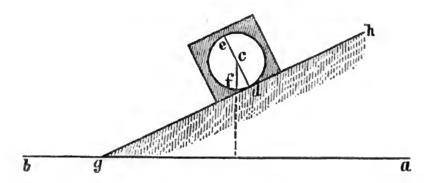


Fig. 7. Fallwinkel-Messung.

nach *SO.* die Schicht ebensowohl nach *NW.*, wie nach *SO.* hin einfallen kann. Bei complicirtem Gebirgsbau kann man sich dabei durchaus nicht auf die mitgebrachten allgemeinen Eindrücke verlassen, sondern hat an Ort und Stelle die betreffenden Notizen zu machen. An vielen Punkten wechselt diese Richtung, oft sogar bei ganz unverändertem Streichen, und sind dies Punkte, an welchen die Schichten gegen die benachbarten Punkte am tiefsten oder am höchsten liegen. Dies zeigt Fig. 8. Die Höhenlinien, wie *S*, *S'* und *S''* heissen die Sättel, auch antiklinale Punkte oder Linien genannt, weil von ihnen aus die Schichten nach entgegengesetzten Richtungen abfallen. Der dritte Sattel, *S''*, ist durch Erosion angegriffen, aber noch völlig deutlich kenntlich. Zwischen *S* und *S'*, *S'* und *S''*, finden sich Tiefenlinien oder Muldenlinien, auch synklinale Punkte oder Linien genannt, weil nach ihnen hin von beiden Seiten her die Schichten einfallen, *M* und *M'*. Wenn man dagegen, wie es etwa links von *S* der Fall sein mag, keine Aufbiegungen oder Faltungen von Schichten hat,

sondern der Fall fortwährend nach derselben Richtung stattfindet, so nennt man den Schichtenbau einfach. Ein solcher einfacher Schichtenbau, gewöhnlich mit. geringer Schiefheit der Schichten, herrscht manchmal über grosse Landstrecken. Die Winkel, welche die Schichtflächen mit der Horizontale bilden, sind selbstverständlich in hohem Grade wechselnd. Von den horizontalen oder söhligen Schichten an bis zu 15° Neigung nennt man die Schichten schwebend, von da bis 45° flach, von 45° bis 75° tonnlägig[1]), von 75° bis nahe an 90° steil, von 90° saiger oder senkrecht, auf dem Kopfe stehend. Der Winkel kann aber bei starker Schichtenfaltung noch grösser werden, und dann hat man die übergekippten Schichten, was durch die umgekehrte, „widersinnige“ Schichtenfolge an der betreffenden Stelle — im Gegensatze zur „rechtsinnigen“ der umgebenden Punkte — dargethan wird. Solche Ueberkippungen finden sich nicht selten in

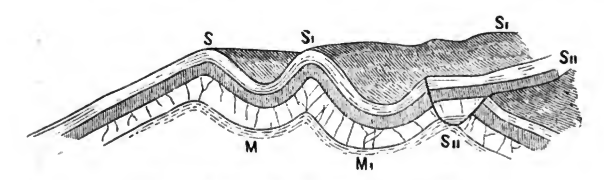


Fig. 8. Sättel und Mulden im Schichtgebirge.

älteren (krystallinischen, silurischen, devonischen) Schichten; doch kommen sie in und neben bedeutenderen Gebirgen auch in jüngeren Gebilden vor, wie z. B. an einigen Punkten des nördlichen Harzrandes die Juraschichten über den Kreideschichten, ältere Juraschichten über jüngeren, Keuper- über Liasschichten lagern, und zwar so, dass die Neigung wieder bis zu 70°, ja bis zu 45° abgenommen hat, der eigentliche Fallwinkel also 110 und 135° beträgt. Eine andere Art Ueberkippung ist die, welche an steilen Hängen und bei steilem Einfall, auch bei saigerer Richtung, die Schichten nur auf geringe Erstreckung in Folge des Weichwerdens und Hinabsinkens unter dem Einflusse der atmosphärischen Wässer zu zeigen pflegen und welche Fig. 9 darstellt. — Es ist übrigens selbstverständlich, dass alle Flächen, auf deren Ermittelung es dem Geognosten überhaupt ankommen kann, also namentlich auch die Verwerfungsspalten, ganz in derselben Weise nach Streichen und Fallen bestimmt werden können

1) Andere rechnen die flachen nur bis 30°, die tonnlägigen von 30° bis 75°; seltener rechnet man dagegen die flachen, wie oben, bis 45° und dann von 45° an schon die steilen Schichten, so dass die tonnlägigen ausfallen.

und müssen[1]), und wird bei der Erörterung der Gänge über diesen Gegenstand das zur Ergänzung Nöthige hinzugefügt werden.

Eine wichtige Aufgabe bleibt das Auftragen der Schichten mit ihrem richtigen Fall in einer bestimmten Richtung, der nicht immer dem wahren Fallwinkel gleich, sondern um so flacher ist, je mehr die aufzunehmende Richtung sich dem Streichenden nähert. Solche Durchschnitte sind z. B. diejenigen, welche von Eisenbahnlinien, projektirten oder wirklichen Tunnellinien durchschnitten werden. Beim Aufnehmen (Messen) hat man einen sicheren Anschluss an fest aufgemessene Punkte nach Distanz und Richtung ins Auge zu fassen; beim Auftragen aber hat man ganz besondere Rücksicht noch auf den Maassstab zu nehmen, welcher bei derartigen Profillinien meist mit stark verkürzten Längen, also mit verhältnissmässig übertriebenen Höhen angelegt ist. Nicht selten hat man denselben Maassstab für Meter in der Länge, den man für Decimeter in der Höhe gelten lässt, also zehnfach übertriebene Höhen; früher wählte man oft noch ein ungleicheres Verhältniss und thut dies auf Uebersichtsprofilen in kleinem Maassstabe auch wohl jetzt noch. Dies hat aber für den Zeichner namhafte Schwierigkeiten zur Folge. Er kann die Mächtigkeit der Schichten nur in horizontaler oder in vertikaler Richtung richtig ablesen oder auftragen; jede schräge Richtung giebt fehlerhafte Maasse. Ferner ist jeder Einfallwinkel falsch und erst durch indirekte Messung in seinem wahren Werthe zu erkennen. Ein geringerer Nachtheil liegt darin, dass die Schichten in einem nach verschiedenen Maassstäben für Höhe und Länge aufgetragenen Profile nicht, wie bei der naturgetreuen Aufnahme (Fig. 10), gleichförmig mächtig, sondern in den horizontal lagernden Theilen gewulstet, in schrägen eingeschnürt erscheinen, was natürlicher Weise bei saigerer Stellung sein Maximum erreichen würde. Solche Profile, wie sie Fig. 11 giebt, sind trotz dieses Mangels für praktische Zwecke die einzig brauchbaren, wenn man nicht auf das richtige Verhältniss von Länge zu Höhe zurückgehen will. Würde man z. B. die Schichten durchweg in der auf

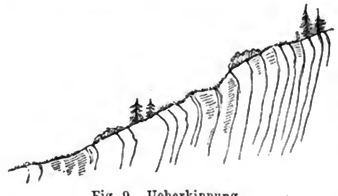

Fig. 9. Ueberkippung.



Fig. 10. Profilirung der Schichten.

1) Nur fällt der Fall der Ueberkippung weg, wenn man nicht etwa den der Verschiebung mit ihm in eine Kategorie bringen will.

dem Sattelpunkte aufgezeichneten Mächtigkeit halten, so würde man, wie Fig. 12 zeigt, in der Linie *aa* die tieferen Schichten, z. B. die schraffirte, in viel zu geringer Ausdehnung angeben; wollte man die in der Linie *aa* ermittelte Mächtigkeit durchgehen lassen, so würde

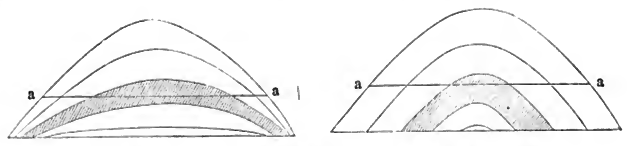


Fig. 11. Profilirung der Schichten. Fig. 12.

man die Schichten überhaupt zu wenig mächtig erscheinen lassen und demnach auch bei Ermittelung der Druckverhältnisse, bei Bestimmung der von einem Schachte auf der Zwischenstrecke zu durchsenkenden Schichten in die grössten Irrthümer verfallen. Auch wenn man ein vermittelndes Verfahren einschlüge, würde man wohl die Fehler kleiner machen, welche man beginge, dagegen aber um so sicherer sein, in jedem Falle einen Fehler zu machen. Man hat daher in allen wichtigen Fällen nur die Wahl einer Darstellung in einer der beiden Arten von Fig. 10 und 11; nur da, wo es sich um ganz allgemeine Uebersichten handelt, begnügt man sich mit dem Verfahren, dass man, wie in Fig. 12, die Schichtenmächtigkeit in der in der Vertikalrichtung (bei horizontaler Schichtenlage) gemessenen Grösse belässt, und sind namentlich Fig. 1, 3 und 5 nach diesem Verfahren aufgetragen, dem gleichwohl ein technischer Werth oder irgend ein Anspruch auf Genauigkeit niemals zuerkannt werden kann.

II. Das Massengebirge.

Trotz seiner grossen, namentlich indirekten Wichtigkeit für den Bau der Erdrinde nimmt das Massengebirge auf der Erdoberfläche, also auch auf den geologischen Karten, im Vergleich zum Schichtgebirge nur geringe Räume ein. Gleichwohl darf man dieselben nicht unterschätzen; wenigstens kommen Distrikte von zwanzig und mehr Quadratmeilen doch nicht selten vor, in welchen das ausschliessliche oder doch das einzig herrschende Gestein ein eruptives ist. Was die Lagerungsverhältnisse betrifft, so ist darüber bereits zu Eingange das Nöthige gesagt und braucht hier nur der Gegensatz der grösseren Massen (Eruptivmassen, Stöcke) gegen die in feinere Spalten eingetriebenen, übrigens mit den Stöcken in Verbindung stehenden Ge-

steinsgänge (die eigentlichen intrusiven Massen oder Apophysen der Stöcke) und gegen die zwischen- und übergeströmten Massen betont zu werden. Die letzteren, die Effusivmassen, sind die früher ausführlich bedachten Decken und Ströme. Die Stöcke werden bei grösserer Ausdehnung auch wohl Massifs, Centralmassen, und nach ihrer vorherrschenden Umrissform Ellipsoïde genannt. Die Gesteinsgänge sind von den Spalten und den unten zu besprechenden Gängen meist durch unregelmässigere Form, minder grade Erstreckung unterschieden; in solcher Weise finden sich die Gänge oft bis zur Mächtigkeit von wenigen Centimetern hinab in den massigen Gesteinen selbst, z. B. Diorite, Diabase, Syenite im Granit, Melaphyre und dergl. im Syenit, nicht selten aber auch, und dann wieder meist Spalten in bestimmter und lang anhaltender Richtung verfolgend, durch Schichtengebirge (Diabas und andere Eruptivgesteine im Harz). Aber auch hier kommen doch häufig die unregelmässigeren Formen vor, welche wohl der Mehrzahl der Gesteinsgänge im Gegensatz zu den eigentlichen Gängen eigen sein dürften; Beispiele davon geben die böhmischen Basalte im Kreidesandstein u. a. m.

Die Altersbestimmung der verschiedenen Massengesteine ist eine der complicirteren Aufgaben der Geologie; sie erfordert die vorhergehende Altersbestimmung derjenigen Schichten, welche von den eruptiven Massen durchbrochen sind und welche folglich als älter angesehen werden müssen, und anderseits derjenigen Schichten, welche über die Massen übergelagert und folglich nothwendiger Weise jünger sind. Daher lässt sich an manchen Orten eine genaue Altersbestimmung nicht vornehmen. Die Basalte z. B., welche in Hessen die Triasschichten durchbrechen und von den Diluvialschichten überlagert werden, würde man innerhalb der weiten Grenzen zwischen Trias und Quartär schwankend lassen müssen, falls keine anderweite Anhaltspunkte für die Basalte benachbarter Gegenden vorlägen, denen man ein gleiches Alter zusprechen muss. Ganz besonders werthvoll sind in dieser Besiehung diejenigen Schichtgebirge, zwischen denen schicht- oder lagerähnliche Ergüsse der Eruptivmassen abgesetzt sind, innerhalb deren Periode man also diese bestimmte Eruption zu setzen hat. Dabei ist allerdings wohl darauf zu achten, dass man ein späteres Eindringen, das aber nie in so gleichförmig ausgedehnter Weise vorkommt, mit jenem Falle verwechselt. Annähernd wird durch solches Verhalten eines Lagerganges das ganze System von Eruptivmassen bestimmt sein, welches mit demselben zusammenhängt und welches in gewisser Weise auch petrographisch ähnlich sich zu verhalten pflegt.

Auf diese Weise hat man für viele der europäischen und besonders der deutschen Massengebirge, unter welchen man ebensowohl, wie im Schichtgebirge, Formationen unterscheidet, die Zeit, d. h. die geologische Periode, der sie angehören, bestimmt. Für manche derselben

hat die Bestimmung lange geschwankt, für noch andere ist auch jetzt dieselbe nur eine wahrscheinliche. In die Zeit der krystallinischen Schiefer fallen vornehmlich die Granitinseln in den Gneiss- und Glimmerschieferdistrikten Sachsens, Böhmens, Schlesiens, Südwestdeutschlands u. s. w., mit ihren dioritischen Gesteinsgängen und Kuppen, ihren Abarten und manchen Syeniten und dergl. Allein da durch die Folgezeit zunächst Gesteine derselben Art auftreten, so ist es nicht immer möglich, die Zeit für jedes der Massifs, z. B. für die einzelnen Partien des Riesengebirges, für die Lausitzer Granite, mit Bestimmtheit anzugeben. Wahrscheinlich ist nur im Allgemeinen ein hohes Alter, das, wenn überhaupt, nicht sehr bedeutend von dem der Phyllite u. s. w. abweicht. Es ist indessen nicht fraglich, dass ein Theil der Granite — auch der deutschen — jünger ist, und wenn es nur als wahrscheinlich angenommen werden kann, dass z. B. einige der thüringischen Granite in die Silurzeit hineinreichen (sie sind zum Theil jünger als andere Eruptivgesteine, Grünsteine, und durchsetzen diese), so ist es grade in neuester Zeit mit grosser Wahrscheinlichkeit ermittelt, dass die Harzer Granitellipsoïde die Hauptmasse der Devonschichten bereits vorfanden und durchsetzten, gleichzeitig mit den porphyrähnlichen alten Ganggesteinen an der Bode und wenigstens ungefähr gleichzeitig mit den Diabasen des Harzes. Noch jüngere Granite können möglicher Weise in den Centralalpen stecken, jedoch ist eine wirkliche Altersermittlung derselben abhängig von der der krystallinischen Schiefer, welche durch die Granite u. s. w. durchbrochen werden, und welche erst zum geringen Theile genauer klassificirt sind. Dagegen ist für die Gabbrodurchbrüche des Harzes und Schlesiens ein mit der älteren Steinkohleperiode (Culmperiode) gleichzeitiges Auftreten nicht ohne Grund behauptet. Innerhalb der Steinkohleperiode also geht die erste bedeutendere Aenderung der massigen Gesteine nach ihrer Struktur und theilweise auch ihrer mineralogischen Zusammensetzung vor sich; es treten nun die wahren Porphyre auf und die augitreichen basischen Gesteine (besonders die augit- und olivinführenden, wie die echten Melaphyre) überflügeln die übrigen mehr und mehr. Diese Bildungen sind grade in Deutschland sehr wichtig, ziehen sich nämlich durch ganz Mitteldeutschland, vom Palatinitgebiete an der Nahe und den Porphyrgebilden der Vogesen, des Odenwaldes u. s. w. durch Thüringen, den Harz, die Gegend von Magdeburg, Halle, Leipzig, Dresden und Meissen bis nach Niederschlesien und Böhmen hinein und haben überall mächtige Kuppen theils vom verschiedenartigsten Porphyr (besonders Quarzporphyr), theils von Melaphyr u. s. w. aufzuweisen. Der Zeit nach erstrecken sie sich in verschiedenen Ausbrüchen, deren genauere Fixirung oft durch die Beschaffenheit der dem Schichtgebirge einverleibten Conglomerate und Tuffe (Thonsteine)

mit grosser Genauigkeit möglich geworden ist, durch das Ende der Steinkohlenzeit und durch die Zeit des Rothliegenden; in der Mitte des letzteren ist der Höhenpunkt des Auftretens dieser Porphyr- und Melaphyrformation erreicht, danach nehmen dieselben rasch ab. Das mittlere und nördliche Deutschland ist nun frei von Eruptivformationen bis um die Zeit des Beginns der jüngeren Tertiärzeit, während in den Alpen die Porphyrbildungen, die Melaphyre und auch andere Eruptivbildungen in die Secundärzeit, namentlich in die Triaszeit — in Südtirol, überhaupt den Südalpen, sich nach Südosteuropa fortsetzend — hineinragen. Allein ein völliges Aufhören dürfte auch nach Ende der Trias nicht anzunehmen sein, und in den westlichen Karpathen (an der mährischen Nordgrenze) werden einzelne Eruptionen (von besonderen Gesteinen, z. B. dem S. 58 erwähnten Pikrit) auch aus dem Beginn der Kreidezeit angegeben. Vermuthlich stellt sich durch auswärtige Entdeckungen[1]) die Reihe der Eruptivformationen als noch besser zusammenhängend heraus.

Die Formation der jüngeren und abermals wesentlich abweichenden Eruptivgesteine mannigfachster Art aus den beiden Hauptabtheilungen, vorzüglich der Basalte — nebst Nephelingesteinen —, der Klingsteine und (besonders im Siebengebirge) der Trachyte, ist wieder für Deutschland überaus wichtig. Auch in der Alpenkette finden sie sich, jedoch liegen dort die Haupteruptionen ebenso wie bei den Porphyren und Melaphyren an der Südseite. Es scheint, dass im Verlaufe der jüngeren Tertiärzeit die vorher über ganz Mittel- und Südwestdeutschland ausgedehnte Vulkansphäre bedeutend eingeschränkt ward; es sind nur die nachher noch, vermuthlich oder sicher bis in die Quartärzeit, vulkanisch thätigen Distrikte des Kaiserstuhls, der Alb, der Vordereifel und ihrer Umgebung und wohl auch des mit dem isolirten Quartärvulkane des Kammerbühels ausgestatteten Egerlandes, welche, zunächst mit den ungarischen, siebenbürgischen, sowie den central- und südfranzösischen und anderen west- und südeuropäischen Vulkanen, thätig blieben.

Die mannigfachen Anwendungen der Gesteine der Eruptivformationen wechseln nach der Gesteinsbeschaffenheit und sind hauptsächlich von ihr abhängig, so dass dieselben bei den einzelnen Eruptivgesteinen berücksichtigt sind.

III. Die Gänge.

Die Spalten, deren Auftreten in beiderlei Hauptarten der Gesteine mehrfach erwähnt ist, konnten bisher nur in den Fällen einer einge-

---

1) Die nordamerikanischen Entdeckungen in der Gegend des 40sten Breitengrades, von Zirkel bearbeitet, eröffnen entschieden eine solche Aussicht.

henden Besprechung unterzogen werden, wo sie von Gesteinen der zweiten Art ausgefüllt waren oder wo sie blosse Trennungen zwischen zwei sich verschieden verhaltenden Abschnitten (Flügeln) des Schichtgebirges waren, mochten sie nun enger oder weiter sein, sobald sie im letzteren Falle überhaupt nicht ausgefüllt, wie man sagt, nur Gangspalten waren. Es kommt aber vor, dass solche Spalten noch in anderer Weise ausgefüllt sind, und dies ist wesentlich in zweierlei Art möglich. In dem einen Falle, wie in *c* der Figur 3, ist von aussen (oben) her ein Füllungsmaterial in die Spalte eingeschwemmt oder hineingefallen; man nennt die Spalte dann eine Kluft. Es liegt auf der Hand, dass dies der seltnere Fall ist, indem nur breitere Spalten in der Nähe der Erdoberfläche in solcher Weise ausgefüllt sein können. Der bei weitem häufigere und wichtigere Fall ist der, dass die Infiltrationswässer, wie in Hohlräume (Hohldrusen, Mandeln) überhaupt, so auch in solche Spalten Mineralstoffe einführen, die dann, nach Verdunsten des Lösungsmittels oder durch gegenseitige Zersetzung, sich in diesen Spalten absetzen. Die Art und Weise dieser stets sehr langsam und schrittweise vor sich gehenden Ausfüllung erhellt aus Fig. 13; sie besteht darin, dass gewöhnlich an beiden Seiten der Spalte, welche hier der Gang heisst, ziemlich gleichmässig sich gewisse Stoffe absetzen, so z. B. hier zunächst Schwefelkies mit Zinkblende *a*, dann in *b* Quarz, dann Bleiglanz in *c*, dann edle Erze, Silbererze, besonders Rothgültig in *d*, und endlich in *e* Kalkspath, der nach der Mitte des Ganges in grösseren Krystallen auftritt und dies besonders in den Hohlräumen, *nn*, die er unausgefüllt lässt. Ein solches Verhalten kann als Muster für die Gangausfüllungen gelten, deren allgemeine Verhältnisse in weit stärker, als vorige Abbildung, verkleinertem Maassstabe Fig. 14 zeigt. Dieselben bestehen theils aus Schwermetallverbindungen oder Erzen — den einzigen bergmännischen Objekten, die in Gängen auftreten, da, wie sich aus allem Vorhergehenden mit Nothwendigkeit ergiebt, Salz und Kohle nicht in Gängen auftreten, oder, wie der Bergmann sagt, „einbrechen“ können

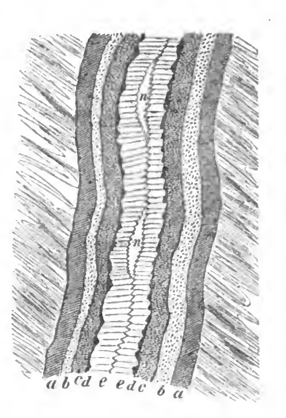


Fig. 13. Gang.
aa. Blende mit Schwefelkies. *bb*. Quarz. *cc*. Bleiglanz. *dd*. Rothgültig und anderes Silbererz. *ee*. Kalkspath. *nn*. Höhlungen.

—, theils aus anderen Mineralien. Diese heissen im Gegensatz zu jenen die Gangarten. Unter letzteren sind Quarz in mancherlei Abarten (Achat, Amethyst, gemeiner Quarz), auch thonige Massen, Feldspath, Epidot, öfter Schwerspath, Flussspath und besonders Kalkspath, ferner Dolomit, Magnesit hervorzuheben. Auch der Eisenspath wird oft als Gangart angesehen, sobald es sich um Gewinnung anderer Erze als der des Eisens handelt. Die Erze werden nach dem in ihnen enthaltenen Metall eingetheilt. Wo sie fehlen, also nur die Gangart (oder das „taube" Gestein) vorhanden ist, heissen die Gänge taub[1]), sonst Erzgänge. Die Erze durchziehen die Gangarten in Schnüren (wie oben die Blende nahe dem Rande), in Platten (wie oben der Schwefelkies an zwei Stellen), oder sie durchschwärmen sie, wenn sehr kleine Partien fein vertheilt in grösseren Strecken vorkommen, oder sie bilden Nester und Körner, oder sie kommen auch derb (über nussgross) vor. Die Vertheilung des Erzes ist eine sehr ungleiche, so dass ein und derselbe Gang arm werden und sich wieder anreichern kann. Bauwürdig ist er im Allgemeinen, wenn er Eisen zu $^1/_3$, Zink zu $^1/_{20}$, Blei zu $^1/_{30}$, Kupfer zu $^1/_{100}$, Silber zu $^1/_{1000}$, Gold zu $^1/_{10,000}$ hat. Wenn sich ausschliesslich an gewissen Stellen Erze zeigen, die dann gerade hier meist reichlicher, besonders derb vorkommen, so pflegt man solche Stellen Erzmittel zu nennen. Endlich kommen noch Hohlräume inmitten der Gänge vor, die meist mit Krystallen ausgekleidet sind und dann Drusen heissen. Was die Ränder betrifft, so sind die dem Gange nächst liegenden Theile des umgebenden Gesteins, des Nebengesteins, durch die Infiltrationswässer oft modificirt und heissen dann Salbänder. Auch wenn der Rand des Nebengesteines durch eine fremdartige Zwischenmasse — meist thoniger Art, Steinmark, Grünerde und dergl. — von dem Gange getrennt ist, belegt man jene Masse wohl mit demselben Ausdrucke oder mit dem Namen „Besteg". Da bei den Gängen so gut, wie bei den Gangspalten in der Regel Verwerfungen vorkommen, wie sie Fig. 15 und 16 für zwei Gänge darstellen, und da diese Verwerfungen nothwendig mit einem Abrutschen und Abgleiten verknüpft sein müssen, dies aber bei stattfindender Ausfüllung

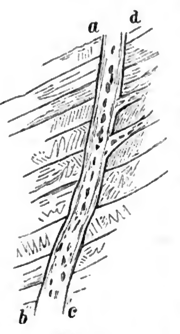


Fig. 14.
Gang im Schichtgebirge.
ab, *cd* Salbänder.

1) Damm ist der Name für solche taube Gänge, wenn sie — z. B. in Kohlenfeldern — das Wasser abdämmen. Sie sind dann meist steil oder saiger.

eine erhebliche Reibung zur Folge haben muss, so haben die Gänge oft gegen ihre Wandungen oder gegen eine derselben eine stark geglättete, abgeriebene Fläche, an welcher oft die Krystalle abgebrochen und abgeschliffen sind; diese heisst der Spiegel (Harnisch) und ist dieselbe geologisch von Bedeutung, da sie das Fortdauern der ungleichen Senkung der beiden Flügel, der eigentlichen Verwerfung, auch nach dem Ausscheiden der Gangausfüllung darthut. Aber auch praktisch ist sie von Werth, da schon das Vorhandensein der — einer Erzstätte parallelen — Spiegelfläche den Beweis liefert, dass man es mit einem wahren Gange zu thun hat. Die Verwerfung hat übrigens noch manche andere Folgen für die Gänge; so ist sie namentlich bei Gängen, die nicht ebenflächig, sondern etwas wellig oder getreppt

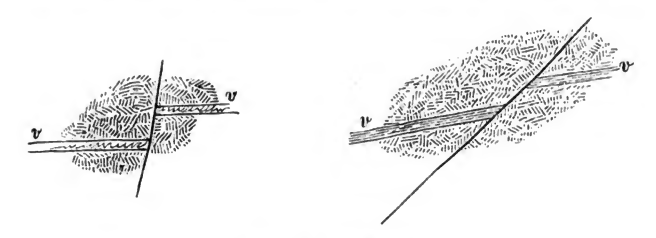


Fig. 15 u. 16. Verwerfungen.
vv. Verworfener Gang, durch einen Verwerfer gestört.

verlaufen, die Veranlassung, dass die Gänge ungleiche Mächtigkeit bekommen, sich abwechselnd verengen oder „verdrücken“ oder selbst ganz „zuschliessen“ und wieder erweitern oder „aufthun.“

Die Ermittelung der Lage der Gänge geschieht in der nämlichen Weise, wie die der Schichtflächen. Auch hier hat man saigere Gänge, steile, tonnlägige Gänge und die minder häufigen flachen und schwebenden Gänge. Bei allen nicht saigeren Gängen hat man, wie bei den Schichten, Liegendes und Hangendes. Die Verwerfungen werden klassificirt, wie bei den oben angegebenen Spalten, und ist nur der Fall (Fig. 15, 16) zu berücksichtigen, dass ein Gang durch einen anderen „verworfen“ ist; alsdann ist letzterer der jüngere und heisst der „Verwerfer“. Ein „Kreuzen“ — Schaaren — der Gänge kann auch ohne Verwerfungen vorkommen; doch ist der entgegengesetzte Fall der bei weitem häufigere. Ist der Winkel, in welchem diese Kreuzung stattfindet, ein sehr spitzer, so kommt es nicht selten vor, dass der Verwerfer den älteren Gang eine Strecke begleitet. Sowohl in diesem Falle, als auch dann, wenn nach geschehener Ausfüllung eine Spalte sich abermals in der Weise öffnet, dass der ganze Gang

dem einen Flügel folgt, bilden sich Doppelgänge, in denen man gewöhnlich mit Hülfe der übrigen Gangverhältnisse des betreffenden Gebirges den jüngeren und älteren Theil zu ermitteln im Stande ist. Die Gänge haben in den verschiedenen Gebirgstheilen sehr häufig gruppenweis gleiche oder doch annähernd gleiche Fall- und Streichungsrichtung, was für die Erzgewinnung wichtig und daher zu besonderen Benennungen für die Streichungsrichtungen Seitens der Bergleute geführt hat. Vom magnetischen Meridian bis hora 3 heissen die Gänge stehende, vom magnetischen Meridian nach der entgegengesetzten Richtung bis h. 9 heissen dieselben flache, während die Gänge von h. 3 bis h. 6 Morgengänge, die von h. 6 bis h. 9 Spatgänge genannt werden. Die in jede der Gruppen gehörenden Gänge eines Bergdistrikts sind meist nahezu parallel, und ist meist auch die Zahl der parallelen Gangsysteme nicht gross, wie dies in den verschiedenen Gebirgen oft auf grosse Erstreckung zu beobachten ist. Dagegen findet meist kein Parallelismus zwischen gleichartigen, mit denselben Metallen und Erzen ausgestatteten Gängen verschiedener Gebirge statt. Die Lagerungsverhältnisse der Gänge gegen das Gebirge sind selbstverständlich in Folge der Auswaschungen sehr mannigfaltig; hauptsächlich wichtig ist das Ausgehen, Ausstreichen, Ausbeissen oder Zutagetreten, das besonders häufig in steil eingewaschenen Schluchten und in sonstigen tieferen Höhlen (Aufschlüssen) natürlichen oder künstlichen Ursprungs zu beobachten ist. Die kleinen Seitengänge, die man oft aus Hauptgängen abzweigen sieht (vergleiche Fig. 14) und in der Regel als Trümmer bezeichnet, enden manchmal in feinen Enden blind (Klufttrümmer), oder gehen im Bogen an den Hauptgang zurück (Bogentrümmer). Die Mächtigkeit der Gänge ist eine ausserordentlich verschiedene. Meist zwischen $^1/_2$ bis 2 Metern schwankend, kann sie einerseits bis zu wenigen Centimetern sinken, anderseits bis zu 30, 40 Metern steigen (Schemnitz in Ungarn, Guanaxato in Mexico). Die Längenerstreckung hat man für einen und denselben Gang (in Mexico, im Fichtelgebirge) auf $1^1/_2$—2 Meilen verfolgt; Längen von 600 Metern sind durchaus häufig und wenn man sich auf Schlüsse statt direkter Beobachtung einlassen will, so darf man selbst für einzelne Gänge 4—5 Meilen annehmen und noch weitere Erstreckung für die sogenannten Gangzüge, welche aus einem fortlaufenden Systeme einzelner Gänge bestehen, die nicht in gleicher Richtung zusammenhängen. Solche Gangzüge hat man (in chilenischen Silberwerken) bis auf 20 Meilen verfolgt. Die Tiefe (oder bergmännisch „Teufe"), bis zu welcher sich die — wie bemerkt, häufig steilen oder tonnlägigen, sehr oft, gleich den Verwerfungsspalten überhaupt, zu 60—80° einfallenden — Gänge erstrecken können, ist noch unbekannt; viele sind bis zu 800 Metern

hinabverfolgt, und dabei hat man in der Regel ein Aufhören (Auskeilen) nicht bemerkt.

Das Alter der Gangbildungen ist ein sehr verschiedenes und häufig sehr hohes. Es ist indessen zu beachten, dass eigentlich nur der Beginn der Spaltbildung und der Infiltration festzustellen ist, und dass eine Fortdauer dieser Vorgänge während einer sehr langen Periode, häufig bis in die Jetztzeit, keineswegs in Abrede gestellt werden kann. So ist z. B. für den Harz theils ein den allerältesten Devongebilden angehöriges Schichtsystem (Andreasberg), theils die gewöhnliche unterdevonische Grauwacke mit den darüber lagernden Schiefern (Goslar), theils aber die Culmbildung (Clausthal) Sitz der erzführenden Gänge; in allen drei Fällen ist der Beginn der Gangbildung mit Wahrscheinlichkeit bald nach dem Absatze der betreffenden Gebilde anzunehmen. Noch älter dürften die im Gneisse befindlichen Freiberger Gänge sein. Die ungarischen Erze dagegen sind z. Th. viel jünger und befinden sich in dem jungtertiären Trachyt. Ein anderer Anhaltspunkt als das Alter der von den Gängen durchsetzten Gebilde findet sich nicht; die Versuche, das Vorkommen gewisser Metalle für das höhere oder geringere Alter der Erzgänge als bezeichnend hinzustellen (z. B. Titan, auch Zinn, für die alten Gesteine), hat sich nicht bewährt.

Die Bedeutung der Erzgänge liegt in der Gewinnung der für die ganze Industrie und Cultur unentbehrlichen S c h w e r m e t a l l e und ihrer nutzbaren Verbindungen, und wird später ausführlich zu erörtern sein.

Zweiter Abschnitt.

Die Geologie in ihrer Anwendung auf die Ingenieurarbeiten in weitester Ausdehnung.

Erstes Kapitel.

Die Erdarbeiten.

Der vorliegende zweite Abschnitt soll die Anwendung der im ersten Abschnitte kurz zusammengestellten Resultate der Geologie auf diejenigen technischen Arbeiten enthalten, welche nicht die Gewinnung eines bestimmten Materials zum Zwecke haben, sondern zu Erreichung irgend eines andern Objektes die Wege eröffnen oder den Raum herstellen. Für diese Art von Arbeiten sind daher die Erdmassen hauptsächlich Hindernisse, welche mit möglichst geringem Kräfte- und Kostenaufwande zu beseitigen, zu umgehen oder wegzuräumen sind. Die hierher schlagenden Anlagen aber erfordern nicht immer blos die einfache Wegräumung von Erdmassen, sondern häufig auch die Sicherung der gebahnten Pfade durch Kunstbauten; daher denn die Erdmassen zweitens als Stütze für die Construktionen in Betracht kommen, welche auf ihnen errichtet werden. Ebenso können sie als Schutz gegen Wasser anzuwenden, also auch in dieser Beziehung ihrer Festigkeit nach zu prüfen sein. Drittens aber sind sie ins Auge zu fassen in ihren schädlichen Einflüssen auf allerlei Kunstbauten, besonders durch Druck von der Seite oder von oben. In allen drei Beziehungen verhalten sich die Gesteine nach ihrer Zusammensetzung, nach ihrem durch die Infiltration oder durch die Verwitterung hervorgebrachten jeweiligen Zustande und namentlich auch nach ihrem Baue, nach den Verschiedenheiten der massigen und geschichteten Lagerung und nach dem Verhalten der Schichten äusserst verschieden; es ist daher unvermeidlich, die hauptsächlichsten Fälle einzeln durchzugehen und die wesentlichen Bedingungen der zu lösenden Aufgaben nebst den daraus zu ziehenden Folgerungen, soweit sie sich auf geologischem Gebiete bewegen, zu erörtern.

Das erste Kapitel umfasst nun die gewöhnlichen Erdarbeiten, die von der Erdoberfläche aus in beständiger Berührung mit derselben vorzunehmenden Wegschaffungen von Erdreich, denen sich die Schutzvorrichtungen für solche Arbeiten anreihen, Futtermauern, Spundwände, „Roste“ für Bauwerke aller Art und ähnliche Vorrichtungen gegen das Einsinken derselben, ferner das Pflastern und Bepflanzen der Böschungen, das Ableiten des Wassers. Das zweite Kapitel wird im Anschlusse hieran die unterirdischen Anlagen, das dritte die vom Wasser zu bedeckenden, zum Zurückhalten oder Zusammenhalten, Ab- oder Zuleiten des Wassers nothwendigen Bauten, die Wasserbauten, besprechen.

Die zu gewinnende Erde bedingt zunächst nach der Härte und Festigkeit der Gesteine oder losen Massen sehr verschiedenen Aufwand an Arbeitskraft, den man am besten, um nicht mit den Preisdifferenzen für die Löhne in unnöthige Collision zu gerathen, direkt nach Arbeitstagen schätzt, zugleich aber nach den verschiedenen Instrumenten und Methoden der Gewinnung klassificirt. Das Wichtigste dabei bleibt das Verhältniss der verschiedenen Boden- und Gesteinsarten zu einander. Der absolute Werth wird immer noch von der Leistungsfähigkeit der Arbeiter und vielen Nebenumständen abhängen, welche nach Zeit und Ort wechseln; weshalb auch hauptsächlich auf die Zusammenstellungen der Resultate verschiedenartiger Erd- und Steingewinnung Werth zu legen ist, welche gleichzeitig und in einer und derselben Gegend gemacht sind, also z. B. auf die von einer und derselben Eisenbahnbauunternehmung gewonnenen Klassificationen. Die grossen Abweichungen, welche diese Angaben zeigen, erklären sich fast immer leicht aus den verschiedenen Verhältnissen, unter denen die Beschaffenheit der häufigen Gesteinsarten der Gegend wohl die bedeutendsten Unterschiede in der Auffassung bedingen. Daher hat man Flachland, Hochgebirge und Hügelland möglichst gleichmässig zu berücksichtigen und darf keine dieser Terrainabtheilungen vernachlässigen, wenn man auch im Hügellande mit vorwaltendem Schichtgebirge im Ganzen am wenigsten in Gefahr ist, die richtige Mitte zwischen den verschiedenen Systemen zu verlassen.

Die Hauptabtheilungen, welche sich in allen Klassificationen wiederholen, sind

1. loser Boden;
2. fester Boden;
3. minder festes (morsches, mürbes) Gestein;
4. festes Gestein.

Jede Gesteinsart kann nun zwar durch Verwitterung aus der vierten in die dritte, zweite und sogar in die erste Kategorie kommen, ebenso wie ein Boden der zweiten Art gar nicht selten in die erste hinübertritt. Allein der ursprüngliche, unverwitterte Zustand

ist doch der dem Gesteine eigenthümliche. Man hat daher mit Recht die Hauptgesteinsarten in der Regel in eine der drei Abtheilungen gebracht und nur diejenigen in mehreren derselben aufgeführt, bei denen ein Uebertreten häufig oder unter gewissen Verhältnissen regelmässig satttfindet. Ferner aber hat man zwischen losem und festem Boden (1 und 2), sowie zwischen mürbem und festem Gesteine (3 und 4) in der Regel noch Zwischenstufen angenommen. Ueberhaupt stellen die verschiedenen Massen in Wirklichkeit eine zusammenhängende Reihe dar, in welcher durch die Klassification nur die Hauptstufen angegeben werden.

Im Allgemeinen möchte als Regel gelten, dass man eher die lockeren, als die festen Gesteinsarten in ihrem Widerstande gegen die Gewinnungsarbeiten unterschätzt. Bei jenen ist nämlich der Contrast der obersten Erdschicht (Oberkrume) gegen die Hauptmasse ein geringerer, der Uebergang fällt wenig in die Augen, und somit geräth man viel leichter in Gefahr, die Eigenschaften der immer in erhöhtem Maasse erweichten, gelockerten obersten Lagen auch bei den tieferen anzunehmen, als bei den festen Felsarten. Hier ist der Gegensatz der vollkommen verwitterten und humusreichen Oberkrume (1) und der minder humosen Unterkrume (2), welche nur einzelne Steine enthält, im Allgemeinen aber locker ist, gegen die unterliegenden Gesteinschichten, sowohl gegen die zerklüftete, im Zusammenhange beträchtlich getrennte Schicht 3, als namentlich gegen die ungelockerte, frische Felsschicht 4 ein sehr merkbarer, welcher keine Verwechslungen zulässt (Fig. 17). In Folge dieses Verhaltens findet man weit häufiger die schwereren Lehme, die Thone, den thonigen Mergelboden, überhaupt zähere Bodenarten, hinsichtlich der Lockerungkosten zu niedrig angesetzt, als die festeren, namentlich auch die geschichteten Felsarten.

Fig. 17. Verwitterung.

Was diese anlangt, so wird nicht selten ein der Gewinnung günstiger Umstand, nämlich der Angriff von der Seite, nach welcher die Schichten einfallen, allgemein vorausgesetzt. Es ist aber klar, dass an solchen Stellen, wo die Schichtköpfe ausgehen, wie z. B. bei *hg* in Fig. 18, nicht nur die Nothwendigkeit vorliegt, jedes einzelne

gelockerte Stück eine Strecke auf der Schichtfläche hinauf zu schaffen, während es bei *ab* von selbst hinabstürzt, sondern dass hier auch die Schwere der Arbeit selbst zu Hülfe kommt, bei *a* nicht.

In massigen Gebirgen kommt dagegen ein fehlerhaftes Unterschätzen der zum Losarbeiten des Gesteins nöthigen Arbeiten und Kosten aus wesentlich anderen Ursachen häufiger, als im geschichteten Gebirge vor. In solchen Massen sind Klüfte (wie *c* in Fig. 3) im Ganzen häufiger; zugleich dringt auch in feinere Spalten das Wasser, und mit diesem Eindringen ist ein Fortschreiten der Verwitterung ermöglicht, die ohnehin nicht immer gleichmässig von der Oberfläche aus nach abwärts fortgeschritten, sondern von vielen Nebenumständen

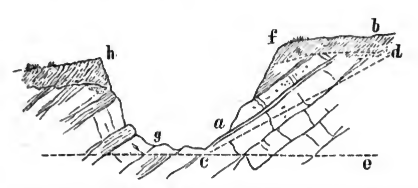


Fig. 18. Verschiedener Einfall der Schichten beim Erdbau.

abhängig ist. So findet sich in dem Granitdistrikte der oberen Lausitz, in welcher die Oberfläche überhaupt nur wellig, meist flachwellig ist, an sehr vielen Stellen eine Schicht vollkommen mürb gewordenen, aber in seiner ursprünglichen Lagerstätte verharrenden Granites über dem festen Granitfelsen. In dieser mürb gewordenen Schicht ist der Feldspath zersetzt, ja das Ganze oft in eine nur durch Anhäufung von Glimmerschüppchen merklich unterbrochene, sonst ziemlich gleichförmige lehmartige Masse verwandelt, welche ziemlich leicht zu gewinnen ist (*V* auf Fig. 19). Diese Umwandlung schreitet den Klüften und Spalten entlang stärker nach abwärts; so ist in Fig. 19 zwischen den Dioritgängen *D* dieselbe erheblich tiefer, als rechts und links gedrungen, da diese Diorite zu thonhaltigen, durchlässigen Massen, oben vollständig, in der Tiefe minder vollständig verwittert sind. Hat man nun mittels Bohrlöcher die Festigkeit des Bodens geprüft, und von

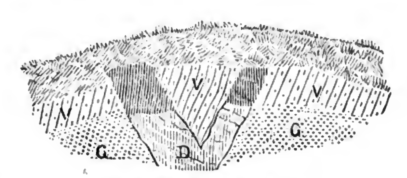


Fig. 19. Verwitterter Granit.

diesen eines etwa in der Mitte der Gabelung zwischen den Dioritgängen, dem höchsten Punkte der in Fig. 19 verzeichneten Kuppe, eingestossen, die nächsten aber in etwas grösserer Entfernung davon an den Abhängen, so kann es kommen, dass man die ganze in Frage kommende Erdmasse als mürben, lehmartigen Boden veranschlagt, während erheblich grosse feste Felsmassen in ihr stecken. Und diesem Irrthume wird man stets ausgesetzt sein, sobald man auf einzelne Bohrlöcher hin derartige Veranschlagungen vornimmt und nicht zugleich auf die geognostische Untersuchung der Gegend im Allgemeinen oder auf eine grössere Zahl gruppenweise vorgenommener Bohrungen sich stützt; denn das einzelne Bohrloch kann immer einen ungewöhnlichen Punkt und namentlich auch ziemlich leicht eine Kluftspalte der oben bezeichneten Art oder eine stark verwitterte Partie des Gesteines treffen.

Da die Erdgewinnung stets mit einer Lockerung Hand in Hand geht, also die gewonnenen Stücke nicht mehr unmittelbar an einander schliessen, so versteht es sich von selbst, dass eine Vergrösserung des Volumens — ein „Auflaufen“ — bei derselben stattfindet. Diese Vergrösserung ist geringer, wenn schon vorher die Masse eine lockere war; bei losem Gerölle und losem Sande ist sie namentlich ganz gering. Dagegen ist sie bei festem Gesteine oft sehr erheblich und kann mehr als $^1/_4$ des anfänglichen Volumens betragen. Diese Volumenvergrösserung ist wichtig für den Transport der gewonnenen Massen; die Wagen und Karren müssen, damit 1000 Cubikmeter der ursprünglichen Masse in ihnen fortgeschafft werden kann, im letzteren Falle bis zu etwa 1300 Cubikmeter zu fassen im Stande sein, aber selbst bei ziemlich lockerem Erdreich bis zu 1200 Cubikmeter. Wird später die Erde nach geschehenem Transporte aufgeschüttet, so drückt sie sich wieder zusammen, aber nur allmählig; man nennt dies das Setzen (auch Sacken) der Erdmassen. Ueber den Betrag desselben gehen die Angaben etwas auseinander, und ist dies ohne Zweifel Folge davon, dass die einzelnen Beobachter vorzugsweise ganz bestimmte Erdarten ins Auge fassten. Hat man es mit mürben Mergeln zu thun, so kann es sich leicht ereignen, dass der ganze Betrag der Lockerung mit der Zeit wieder verschwindet, während in der Mehrzahl der Fälle immer ein nicht unbedeutender Theil, wenn auch manchmal weniger als die Hälfte, der anfänglichen Volumvergrösserung bleibt. In wieder anderen Fällen ist die bleibende Volumvergrösserung verhältnissmässig noch bedeutender, namentlich bei der dritten Hauptabtheilung, wo die eckig gebrochenen Felsstücke sich verhältnissmässig schlecht wieder an einander fügen. Sind solche feste Gesteine unvermischt vorhanden, so kann von der meist nahe an 30 Procente betragenden anfänglichen Volumvermehrung bis zu $^5/_6$ bleiben, so dass die bleibende Auflockerung zu 25 Procente hinaufsteigen kann. Diese bleibende Vermehrung ist stets bei der Berech-

nung der Erdmassen in Betracht zu ziehen; nur darf man sie nicht für alle Fälle beanspruchen wollen, noch auch nur annähernd das feste Gestein wie die lockere Erde berechnen wollen, und kann man bei der letzteren höchstens bis zu 10 Procenten ansetzen. Eine besondere Berücksichtigung aber verdienen gemischte Erd- und Felsmassen, wie z. B. gewöhnliche Mergel mit festen Kalkbänken, oder auch Thone oder thonige Mergel mit Sandsteinen gemischt. In solcher Verbindung fällt die grössere Lockerung der festen Steine zum Theil schon unmittelbar nach der Gewinnung, unbedingt aber später weg, und es würde ein Fehler sein, wollte man für die Kalkbänke, welche häufig die Mergelschichten begleiten, ihrer Menge proportional ein Auflaufen ansetzen; die festen Stücke werden in solchen Fällen vielmehr in die weichere Masse eingebettet und die Verhältnisse ändern sich nicht gegen eine eben solche Masse, welche von festen Stücken frei ist.

Die Thone, Schieferthone und dergleichen, welche im Allgemeinen zu der dritten Kategorie gehören, bei fortdauernder Einwirkung aber auch zu zähem Boden werden und somit einen Uebergang von jener in die zweite Hauptabtheilung darstellen können, haben noch einige hier zu berücksichtigende Eigenthümlichkeiten. Zunächst enthalten sie Schwefeleisen in fein vertheiltem Zustande oder auch in grösseren Stücken; in ersterem Falle ist dasselbe stets, in letzterem namentlich dann, wenn es in der Form des Markasites auftritt, in ziemlich energischer Weise der Oxydation ausgesetzt, welche dann wieder chemische Umsetzungen, aus der Vitriolbildung hervorgehende Gypsbildung oder auch Alaunbildung bedingt; von diesen ist bei der Häufigkeit des Kalkvorkommens in den Thonen jene die häufigere. Diese Processe bedingen an und für sich zunächst eine Volumvergrösserung und zugleich eine Cohäsionsverminderung; das Aufquellen und Zerfliessen mancher frischgeschütteter Thonmassen hat keinen andern Grund. Später aber verliert sich beides allmählig wieder; ist die Reihe der Zersetzungen geschlossen, deren Endprodukte meist Gyps und Eisenoxydhydrat sind, so kann im Gegentheil eine — wenn auch immer nur geringe — Volumverminderung selbst gegen das ursprüngliche Raummaass eintreten, ebenso wie auch ein allmähliges Austrocknen und Festwerden überall da sich einstellen wird, wo nicht ungünstige Verhältnisse hinsichtlich des im Boden befindlichen Wassers stattfinden. Auf letzteren Gegenstand wird bei der Beleuchtung der Entwässerungsvorrichtungen der Erdconstructionen zurückzukommen sein.

Eine andere Erscheinung wird durch die Plasticität des Thones und durch seine Undurchlässigkeit bedingt. Diese ist so gross, dass in den Anschüttungen da, wo sich zusammenhängende Thonschichten zusammenbegeben haben, unter diesen die aufgeschütteten Massen sich setzen können, ohne dass die Thondecke folgt; denn unter derselben befindet sich die in den Zwischenräumen der Gesteine ursprünglich

9*

enthaltene Luft, ohne durch die für Luft wie für Wasser undurchdringliche Thonschicht entweichen zu können. Die Folge davon ist ein förmliches Schwanken und Zittern dieser Thonschicht beim Betreten oder bei Ausübung irgend eines Druckes, ganz ähnlich dem Schwanken moorigen Bodens, dem kein Stampfen abhelfen kann, wenn nicht zugleich durch tief eingestossene Löcher der Luft Gelegenheit zum Entweichen gegeben wird.

Dass in allen übrigen Fällen ein solches Stampfen das Setzen erheblich fördert und den für die obwaltenden Verhältnisse passenden Grad bleibender Volumvermehrung rascher herbeiführt, braucht nur erwähnt zu werden. Bei demselben ist aber ein schichtweises Stampfen stets das einzig richtige Verfahren. Schüttet man grosse Erdvolumina lose auf, so ist es hinterher unmöglich, durch Stampfen der ganzen Masse irgend ein nennenswerthes Resultat zu erzielen, während man im Laufe der Erdarbeit allmählig ohne grossen Aufwand an Kräften Erhebliches leisten kann. Ist einmal eine solche Masse roh aufgethürmt, so bleibt schliesslich kaum etwas Anderes übrig, als die fernere Arbeit den atmosphärischen Kräften und der Zeit zu überlassen.

Zu den Uebelständen, welche durch dieses Zusammendrücken der geschütteten Massen entstehen, kommen in vielen Fällen noch diejenigen hinzu, welche aus einer geringen Widerstandsfähigkeit der gewachsenen Erdschichten gegen vermehrten Druck erwachsen; in dieser Beziehung wirken die Erdanschüttungen nicht anders, als Mauermassen u. dergl. Die beiden Hauptfälle, welche im Verlaufe specieller ins Auge zu fassen sein werden, sind 1. eine sehr geringe Festigkeit des Bodens, besonders bei moorigem Boden, bei Torf und durchfeuchtetem Wiesenkalke, welche ein beiderseitiges Emporquellen des Erdreichs neben der Anschüttung zur Folge haben und in extremen Fällen ein vollständiges Einsinken der letzteren zwischen die emporgedrückten Massen veranlassen kann; 2. ein Abgleiten der stärker, als zuvor, belasteten Erde auf einer Schichtfläche, auf welcher der Reibungswiderstand — etwa in Folge thoniger, weicher Beschaffenheit des Gesteins an dieser Stelle — gering ist, aber doch vor der künstlichen Belastung genügte.

Die Anschüttungen vermögen selbstverständlich um so stärkeren Druck zu äussern, je höher sie sind; die grössere Vertheilung des Druckes, welche Folge der vermehrten Breite der höheren Schüttungen ist, hebt dies Gesetz keineswegs auf, vielmehr wächst der Druck, wenn auch nicht völlig, doch nahezu im Verhältniss der Höhe, wie eine einfache Rechnung zeigt. Nimmt man an, dass der (unten zu besprechende) Winkel, unter dem sich die Oberfläche (Böschung) der Anschüttung halten kann, so beschaffen ist, dass die Breite das $1^1/_2$ fache der Höhe ausmacht, so wird sich zwar der Druck der Erdmasse, wie sie die linke Hälfte von Fig. 20 im halben Querschnitte

darstellt, bei 30 Meter Höhe und 10 Meter Breite der oberen Fläche (Krone) auf 100 Meter Breite vertheilen; allein er wird durch eine Masse vom Querschnitte von 30 × (10 + 45) oder 1650 Quadratmetern ausgeübt, was durchschnittlich auf jeden Meter der Breite $16^1/_2$ qm. Querschnittfläche ergiebt. In Wirklichkeit wird obendrein in der Mitte der Druck merklich grösser sein und nach den Seiten hin abnehmen, wenn auch an keinem Punkte die volle Höhe von 30 Metern zur Wirkung gelangt, sondern die mittlere Masse einen Theil ihres Druckes nach der Seite hin fortpflanzt. Vergleicht man damit die Druckverhältnisse bei 10 Meter Höhe (rechte Hälfte von Fig. 20), so bekommt man zwar nur 40 Meter Breite, allein einen Querschnitt von nur 250 Quadratmetern, also im Mittel $6^1/_4$ Quadratmeter auf jeden Meter der Breite und im Maximum, obgleich hier bei der relativ bedeutenderen Grösse der Mittelmasse im Vergleich zu den Seitentheilen wohl in der Mitte der volle Druck zum Vorschein kommen kann, immer nur einen Druck, der einer Höhe von 10 Metern der

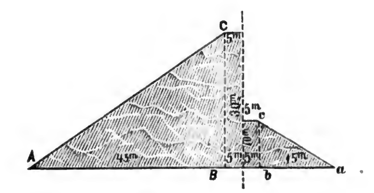


Fig. 20. Böschungen.

Erdmasse entspricht. Die oben gewählte Höhe von 30 Metern wird immer nur selten und niemals in sehr bedeutendem Grade überschritten werden, da man selbst im Gebirgslande, in welchem häufig lange, die Thäler dammartig durchschneidende Anschüttungen (Dämme, Dammschüttungen) für Heerstrassen und Eisenbahnen in nicht unbeträchtlicher Höhe zu schütten sind, in der Regel noch höhere Erdwerke nicht ausführt, sondern sie durch Kunstbauten (Viaducte) ersetzt. Der Grund davon liegt in dem ausserordentlichen Anwachsen der anzuschüttenden Erdmassen und der durch sie erwachsenden Kosten mit der Höhe und in dem dadurch veranlassten Minderbetrage der Kosten eines brückenartigen Kunstbaues.

Für die Ermittlung des Druckes ist die des spezifischen Gewichtes der geschütteten Erdmasse nothwendig, wobei man jedoch nur die bleibende Lockerung in Rechnung zu bringen hat (während man für

die Belastung der Transportwagen die anfängliche Lockerung ansetzen muss). Die leichteren Bodenarten werden in trockenem oder wenig feuchtem Zustande gewöhnlich mit 1,33 bis 1,4 angesetzt; dabei ist es ziemlich gleichgültig, ob grober oder feiner Sand oder auch mehr lehmiges Erdreich vorliegt. Doch hat letzteres manchmal auch an sich eine etwas grössere Schwere, wenngleich dieselbe in den meisten Fällen durch Wasserhaltigkeit veranlasst ist. Der Einfluss der letzteren ist immer ziemlich gross und vermag selbst für Sand das spezifische Gewicht auf 2 zu bringen, welche Zahl überhaupt als Mittelwerth für das Gewicht feuchter Erde angesehen werden kann. Feuchte schwerere Erdarten können indessen ein spezifisches Gewicht von nahezu $2^1/_2$ haben. Für die festen Gesteine lässt sich annähernd immer mit Hülfe der Auflockerung aus dem Gewichte der compakten Masse das Gewicht berechnen; die Durchfeuchtung hat in diesem Falle — wie auch bei Kies und Grand — geringeren Einfluss, wenn nicht zugleich thonige oder mergelige lockere Massen zugegen sind. Setzt man das spezifische Gewicht des Granites zu $2^1/_2$, das des Basaltes zu 3, das des Kalksteins zu $2^1/_2$, das des Sandsteins ebenso hoch und setzt man die bleibende Auflockerung zu 22 Procent an, so bekommt man ein spezifisches Gewicht von etwa $2^1/_2$ für den Basalt, von nicht viel über 2 für die übrigen Gesteinsarten. Der Unterschied der Schüttungen aus Bruchstücken festen Gesteins gegen die minder festen Erdarten ist demnach nicht sehr gross und kann in Folge dessen in der Mehrzahl der Fälle gänzlich vernachlässigt werden.

Die Kosten für die Gewinnung der festen Gesteine sind sehr gross im Verhältniss zu denen, welche loses Erdreich veranlasst; dieselben wachsen von 0,1 Tagelohnwerth bis auf das Zwölffache, also etwa $1^1/_4$ Tagelohnwerth für den Cubikmeter[1]) und wachsen dabei auch, wenngleich nicht in demselben Verhältnisse, die Ausgaben für Gerätheunterhaltung; endlich kommen bei den festesten Gesteinsarten noch die Auslagen für Pulver, Zündstoff hinzu. Letztere sind jedoch verhältnissmässig nicht erheblich, und was die Gerätheunterhaltung anlangt, so ist es schwer, einen genauen Satz für dieselben anzugeben, da sie grossentheils nicht von den Kosten der Unterhaltung der Transportmittel getrennt werden können, anderntheils aber zu einem gewissen Theile von den Arbeitern zu stellen, daher in dem obigen Werthe einbegriffen sind. Die Ausgaben für die sogenannten Nebenarbeiten, für das Planiren der neu entstandenen Flächen in den Abträgen und Aufträgen, für das Stampfen des geschütteten Erdreichs,

1) Der in Contrakten u. s. w. üblichste Einheitsatz ist der von 10 Cubikmetern. Etwa 7 Cubikmeter entsprechen einem österr. Cubikklafter, $4^1/_2$ einer früheren preussischen Schachtruthe à 144 Cubikfuss, 6 annähernd einer hannoverschen und braunschweigischen Schachtruthe, 25 einer bayerischen Cubikruthe von 1000 Cubikfuss.

für das Herrichten und Bekleiden der Böschungen sind hier ausgeschlossen; auch für sie ist bei loser Erde ein etwas geringerer Satz anwendbar, als bei festeren Massen. Es würde in Folge jener grossen Preisdifferenz in noch weit höherem Grade, als es thatsächlich der Fall, die Aufgabe der Ingenieure sein, die Erdarbeiten in den festen Gesteinsarten möglichst zu vermeiden, wenn nicht viele andere Gründe vorhanden sein könnten, welche doch dem festen Gesteine den Vorzug zusichern. Abgesehen von dem ohnehin zur Vermeidung eines zu beträchtlichen Anwachsens der Massen nothwendigen Bestreben, sich mit der Sohle der herzustellenden Flächen möglichst nahe der Fläche des gewachsenen Bodens zu halten, findet man vielmehr Seitens der Techniker keine besondere Vorliebe für wenig widerstandsfähige Bodenarten, und dies hat seinen Grund sowohl in dem höheren Grade von Druck, welchen dieselben — wie unten zu zeigen — namentlich in durchfeuchtetem Zustande ausüben, als in dem flachen Böschungswinkel, welcher ihnen zu geben ist, und welcher bei gleicher Tiefe des Abtrages eine sehr bedeutende Vermehrung der Abtragsmassen bedingt, endlich aber in der Möglichkeit, die festen Gesteine in vortheilhafter Weise, nicht als blosses Erdanschüttungsmaterial, sondern als Bausteine, Pflastersteine, Schotter- oder Chausseesteine, in manchen Fällen als Mörtelingredienzien zu verwerthen. Eine genauere Untersuchung der in Frage kommenden Gesteine ist daher stets nothwendig und kann ihr Resultat von durchschlagender Bedeutung für die Veranschlagungen sein.

Eine einfache Classification mit den obigen 6 Stufen, welche in ähnlicher Form, wie sie hier folgt, zuerst von Hoffmann[1]) aufgestellt ist und später in die meisten einschlägigen Handbücher[2]), Specialabhandlungen und offiziellen Schemata mehr oder weniger vollständig Eingang gefunden hat, wird durch die zweckmässigen Geräthe und durch die Arbeitsart bezeichnet. Unstatthaft erscheint eine wirklich petrographische Eintheilung, da diese zu endlosen Wiederholungen führen würde, z. B. weiche Sandsteine und verwitterte oder sehr unreine Kalksteine dieselbe Arbeit erfordern, ebenso festere Kalke, harte Sandsteine, Porphyr u. s. w. Noch weniger motivirt aber würde im Allgemeinen ein Einführen von geologischen Bezeichnungen sein, an welchem viele der für besondere Lokalitäten berechneten Instructionsbücher manchmal sogar ohne Rücksicht auf die Correktheit der Benennungen ziemlich reich sind. Kann man ein bestimmtes Gesteinslager, eine einzelne Eruptivmasse oder eine geschlossene Gruppe solcher Massen (z. B. Harzer Gabbro, Harzer Melaphyr u. dergl. m.) oder

1) In der Zeitschrift des österreichischen Ingenieurvereins von 1861.
2) Henz, praktische Anleitung zum Erdbau. 2. Aufl., bearbeitet von Plessner. Berlin 1868.

auch eine bestimmte örtlich begrenzte Schicht und Facies (z. B. den sächsischen Oberquader der Kreideformation, den Sandstein, den Kalk u. s. w. der oberen Kreide am Nordharzrand, den Oolith der oberen Juraformation unweit der Weser u. s. w.) ohne Schwierigkeit abgrenzen und kenntlich machen, und hat diese Bildung in technischer Beziehung für einen bestimmten Distrikt eine gewisse, grössere Bedeutung, so kann das Einsetzen derselben an eine bestimmte Stelle des Schemas nützlich oder auch geboten sein. Im Grossen und Ganzen aber kommt es doch auf die Zusammensetzung der Gesteine und auf die Art und Weise ihrer Entstehung (Ablagerung) weit mehr an, als auf die Periode, in welcher sie gebildet wurden, und ganz besonders muss vor der Annahme gewarnt werden, als ob die älteren Gebilde stets oder selbst bei wesentlich gleicher Zusammensetzung jedesmal fester wären, als die jüngeren. Diese oft gegebene Regel trifft häufig zu, so dass z. B. die körnigen Kalke des krystallinischen Gebirges durchgängig fester, als die dichten Kalke der späteren Formationen sind; unter letzteren aber sind die Abschattirungen durch anscheinend geringe Beimengungen, durch Klüftung und besonders durch feinere oder gröbere Schichtung so vielfach, dass gegen dieselben das geologische Alter gänzlich in den Hintergrund tritt. Auffallende Eigenthümlichkeiten zeigen ferner manche Gebirge, z. B. die Alpen, in denen z. Th. selbst ganz junge Bildungen (tertiäre Schiefer, die jungtertiären festen Conglomerate der „Nagelfluh“) eine sonst nur älteren Gesteinen zukommende Festigkeit zeigen. Will man daher allgemein gültige Regeln aufstellen, so hat man die geologischen Benennungen unbedingt wegzulassen, selbst wenn sie (wie etwa „Muschelkalk“) allgemein verständlich sind und für weit verbreitete Formationen gelten.

Die 6 wesentlichen Abtheilungen sind danach in folgender Weise zu charakterisiren:

1. Stichboden, Schaufelboden, alle Bodenarten umfassend, welche sich durch blossen Schaufel- oder Spatenstich gewinnen lassen. Das Auflaufen kann zwar bis 20 Procent betragen, wird aber immer mindestens zur Hälfte wieder aufgehoben. Der Preis der Gewinnung beträgt im Mittel 0,1 Tagelohn für den Cubikmeter.

Hierher gehört ausser der Dammerde, der humosen Oberschicht aller nicht gar zu festen Erdarten besonders loser Sandboden und lockerer, namentlich sandiger Lehm, sowie der nicht zu feste Moorboden.

2. Breithackenboden, bei welchem vor den Fassen mit der Schaufel ein Aufhauen nothwendig oder doch sehr wünschenswerth ist, dieses aber mit der Platt- oder Breithacke (der Hacke mit horizontaler Verbreiterung und demnach einer linearen Schneide statt der Spitze) auszuführen ist. Die Kosten der Gewinnung sind die $1\frac{1}{2}$fachen der ersten Kategorie, auch die Planirungsarbeiten u. s. w. um 10 Procent höher. Das Auflaufen ist constanter, wächst jedoch nicht zu

einem erheblich höheren Betrage an (22 Proc.) und wird auch noch fast zur Hälfte wieder aufgehoben.

Hierher gehören festere, bündigere Sande, die meisten Grande und Kiese, Lehm von mittlerer Festigkeit, der festere Löss, der Torfboden, sehr mürber Mergelboden.

3. Spitzhackenboden und solcher Steinschutt, welcher der Lockerung mittels der Spitzhacke bedarf, daher schon das Doppelte an Gewinnungskosten (0,2 Tagelöhne à Cubikmeter) erheischt, ein Auflaufen von 24 Procenten, von denen nicht viel über $^1/_3$ wieder aufgehoben wird, und um 20 Procent höhere Nebenkosten als die erste Abtheilung verursacht.

Sehr grober Grand und Kies, Geschiebelehm, härtere Lehmarten und viele milde Mergel, sowie die meisten Thone, welche an der Schaufel kleben, gehören hierher; allein auch sehr schwerer Torf fällt in diese Kategorie. Ausserdem umfasst dieselbe aber auch die weichen geschichteten, besonders schiefrigen Thonmergel und überhaupt mürbes, zerfallenes Gestein jeder Art, z. B. die obersten schotterartigen Verwitterungskrusten festerer Gesteinsmassen, wenn auch in sehr wechselnder und oft verschwindender Mächtigkeit.

4. Brüchiges Gestein, bei welchem ausser der Spitzhacke auch noch Brechstange und Keil anzuwenden sind. Die Kosten betragen stets merklich mehr, als bei voriger Abtheilung und nicht unter 0,3, oft aber auch bis 0,5 Tagelohnwerthe für 1 Cubikmeter. Das Auflaufen beträgt über $^1/_4$, i. M. 26 Procente, von denen etwa 7, oder $^1/_4$ bis $^1/_3$, wieder aufgehoben werden; die Nebenkosten sind um 25 bis 50 Procente grösser, als bei der ersten Kategorie.

Hierher gehören die meisten Mergel, die festen Schieferthone, die Schieferfelsen u. dergl., überhaupt solche Gesteine, bei denen ein Schiessen nicht erforderlich ist, aber auch wegen der Klüftung, schiefrigen Struktur u. dergl. nicht von Vortheil sein würde. Von Kalksteinen gehören nur solche hierher, die mit Bänken milderen Gesteins (Thonbänken, Thonmergelbänken) wechseln oder stark angewittert, theilweise bereits in einzelne Steine zerfallen sind; von Sandsteinen gehören hierher die weicheren Sorten einschliesslich derer, welche erst nach dem Brechen eine etwas bedeutendere Härte erlangen. Von krystallinischen Gesteinen dürften ausser den stark geschieferten Phylliten, Chloritschiefern und weicheren Glimmerschiefern nur geringe stärker angewitterte Partien hierher zu zählen sein, namentlich mürbe Serpentinfelsen.

5. Festeres Gestein, bei welchem abwechselnd Schiessen (Eintreiben von Bohrlöchern, welche mit Sprengmitteln gefüllt und in welchen diese zur Explosion gebracht werden) erforderlich und neben dem Brechen mit Keil, Brechstange und Spitzhacke anzuwenden ist. Die Kosten steigen bis auf nahezu 1 Tagelohnwerth pro Cubik-

meter, die Nebenkosten wachsen i. M. um 80 Procente gegen den Satz von der ersten Kategorie, und die Lockerung, welche etwa 28 Procente der gewachsenen Masse ausmacht, wird zu kaum $^1/_4$ wieder aufgehoben.

Hierher sind die härteren Sandsteine, Grauwacken, die zerklüfteten Hornsteine u. dergl., die milderen und dünnbänkigeren Kalksteine, viele Glimmerschiefer, Porphyre und andere Feldspathgesteine (Trachyte), namentlich solche mit Zerklüftung und beginnender Feldspathzersetzung, die mit stärkerer Absonderung versehenen Pechsteine und Obsidiane, endlich aber auch angewitterte Theile der in letzter Kategorie zu nennenden Felsarten zu rechnen.

6. Festestes Gestein, bei welchem nur mit fortwährendem Schiessen zu arbeiten ist, die Gewinnungskosten reichlich das Zwölffache der ersten Kategorie erreichen können und zu 1 bis $1^1/_4$ Tagelohnwerth pro Cubikmeter anzusetzen sind, die Nebenkosten bis auf mehr als das Doppelte des Satzes von Nr. 1 steigen können, die Lockerung 30 Procente beträgt und nur zu $^1/_5$ wieder eingebracht werden kann.

Dahin gehören die festen Kalke, Marmorfelsen u. s. w., der Granit, Gneiss, Quarzit und quarzitische Sandstein, der Syenit, der feste Porphyr und Trachyt, Basalt, Dolerit u. s. w.

Was die Transportirung betrifft, so ist deren Preis zu verschieden nach der Art der Transportmittel, sowohl der Wagen, als der Wege, namentlich aber auch nach der Weite des Transportes, als dass allgemeine Angaben darüber zu machen wären. Auch ist in Beziehung auf die verschiedenen Erd- und Gesteinsarten nur das wichtig, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die festen Gesteinsarten kostspieliger zu transportiren sind. Dies ist theils Folge der grösseren Auflockerung, theils Folge der grösseren Schwere, welche bewirkt, dass die gelockerten Massen immer noch ungefähr gleiches Gewicht wie die lockeren Erdarten an sich besitzen, theils aber auch Folge der Schwierigkeiten beim Auf- und Abladen, welche aus dem ungünstigeren, ungleichmässigen und oft sehr unregelmässig eckigen Formate der frisch gebrochenen Gesteinsstücke hervorgehen. Auch kommt dies ungünstige Verhalten bei dem vor dem Einladen stets und oft mehrfach nothwendigen Werfen in Betracht. Die Mehrkosten steigen daher in erheblich höherem Procentsatze, als der Mehrbetrag der Lockerung beträgt, und nimmt man im Maximum, also für festestes Gestein, Zunahme von etwa 40 Procenten im Vergleich zu der ersten Kategorie an. Danach vertheilt sich die Zunahme auf die übrigen Kategorien etwa so, dass die festeren Gesteine um circa $^1/_3$, die brüchigen um $^1/_4$, die mit Spitzhacke zu gewinnenden Bodenarten um $^1/_6$ und die mit der Breithacke zu gewinnenden Arten um $^1/_{10}$ gegen die erste Kategorie erhöhte Transportkosten veranlassen können.

Bei einem Wiedergewinnen bereits gelockerten, transportirten und angeschütteten Gesteines oder Bodens gilt als Regel, dass niemals die ursprüngliche Cohäsion völlig wieder erreicht wird, und dass der Unterschied um so grösser ausfällt, je fester das Gestein ursprünglich war. Eine Anschüttung von festestem Gesteine würde selbst nach sehr langem Lagern allerhöchstens in die 4te Kategorie fallen, für gewöhnlich aber gehen die festeren Kategorien in die 3te über. Bei den ersten 3 Kategorien dagegen wird häufig der Boden, wenigstens nach langem Lagern, doch noch in derselben Kategorie bleiben.

War nach der bisher besprochenen Seite die Cohäsion des Erdreiches ein Hinderniss für die Erdarbeiten, so ist sie auf der anderen Seite vom günstigsten Einflusse; je grösser die Cohäsion, desto geringer ist selbstverständlich der Druck, mit welchem eine bestimmte Erdmasse nach aussen zu wirken vermag.

In dieser Beziehung wirkt die Cohäsion ähnlich wie die Reibung, deren Steigerung ebenfalls eine Minderung des Druckes zur Folge hat, welchen die Erdmassen ausüben. Keineswegs aber nehmen Cohäsion und Reibung stets in gleichem Verhältnisse zu; sie sind in vieler Beziehung unabhängig von einander und wirken in verschiedener Weise und Intensität, wenngleich sich die Einflüsse beider meist in derselben Richtung äussern. Die Reibungsverhältnisse an und für sich lassen sich am besten an Massen studiren, bei welchen die Cohäsion gleich Null ist, also z. B. bei losem Sande, wenn derselbe vollkommen trocken ist. Schüttet man eine Masse von solchem losen Sande, gross oder klein, auf eine horizontale Unterlage frei auf, so bildet sich ein Kegel, oder bei länglicher Form der Schüttung ein prismatischer Raum mit halbkegelförmigen Enden. Der Querschnitt durch die Mitte des Kegels oder quer durch das Prisma ist ein gleichschenkliges Dreieck, dessen Höhe zu der Grundlinie in einem bestimmten, durch die Beschaffenheit der geschütteten Masse bedingten Verhältnisse steht. Gewöhnlich legt man den Berechnungen die Hälfte eines solchen Dreiecks, begrenzt durch die Höhe, die halbe Grundlinie und die Seitenlinie zu Grunde. Versucht man der Anschüttung eine grössere Höhe zu geben, so stellt sich die ursprüngliche durch Einrutschen und Nachrutschen von Sandkörnern wieder her; daher stellt das angegebene Dreieck das günstigste Verhältniss dar, welches bei einer bestimmten Schüttung zwischen der Höhe und Breite derselben bestehen kann. Dieses Verhältniss heisst die Böschung; so nennt man z. B. eine Böschung, bei welcher die Breite, AB und ab in Fig. 20, $1^1/_2$ mal so gross ist, als die Höhe BC, eine anderthalbfüssige; eine Böschung, bei welcher die Grundlinie doppelt so gross wäre, als die Höhe, eine zweifüssige oder doppelte, während sie bei Gleichheit der beiden Katheten einfach oder einfüssig, bei einer Grösse der Höhe gleich dem Doppelten von der Grundlinie eine halbe oder halbfüssige heissen

würde. Die Böschung wird also allgemein, wenn man, wie in Fig. 20, AB oder ab die Grundlinie und BC oder bc die Höhe nennt, durch das Verhältniss $\frac{AB}{BC}$ ausgedrückt oder durch die Tangente des Winkels ACB oder durch die Cotangente des Winkels BAC. Diesen letzteren Winkel benutzt man meistens zur Bestimmung des Dreiecks und nennt denselben den Böschungswinkel. Bei einem Dreieck, welches in der oben angegebenen Weise das in der Natur mögliche günstigste Verhältniss von BC besitzt, ist BAC der grösste oder natürliche Böschungswinkel. Eine stabile künstliche (äussere) Böschung kann niemals steiler sein, als dieser Winkel angiebt, welcher selbstverständlich für Erdschüttungen eine ähnliche Bedeutung hat, wie der Reibungs- oder Ruhewinkel — dessen Tangente dem Reibungscoëfficienten gleich ist — für die gleitende Reibung im Allgemeinen.

Gehen wir die Werthe durch, welche der natürliche Böschungswinkel in Wirklichkeit zu zeigen pflegt, so finden wir für losen, trockenen, feineren Sand die Böschung etwa = $1^2/_3$, den Winkel also = 31^0 (dem genau die Cotangente 1,664 (entspricht); von diesem Werthe weichen die gröberen Sande und losen Kiesschüttungen nur wenig ab, so dass etwa 30^0 oder 1,732, nahezu $1^3/_4$, für dieselben angenommen werden kann. Ist der Sand mit Feinerde oder Humus stärker gemengt, so steigt dagegen der Winkel, wohl in Folge der vermehrten Adhäsion, und zwar bis etwa zu 38 bis 40^0 oder zum Böschungswerthe von 1,3 bis 1,2. Aehnlich wirkt auch eine eckige Form gröberer Stücke, so dass der sogenannte Haldensturz etwa denselben Werth (1,25 bis 1,3 oder circa 38^0) von Böschung und Böschungswinkel zeigt. Einen sehr erheblichen Einfluss hat die Feuchtigkeit. Bekanntlich mindert dieselbe die Reibung und würde eine ausgiebige und durchgängige Durchfeuchtung sie immer mehr dem Werthe 0 nahe bringen, welcher den Flüssigkeiten zukommt. Daher sehen wir auch, dass Schüttungen im Wasser einen erheblich kleineren Böschungswinkel haben. Eine mässige Durchfeuchtung erhöht jedoch den Böschungswinkel erfahrungsmässig, so dass feuchte Erde um circa 4^0 steiler sich hält, als trockene, gewöhnliche Erdschüttungen sich also im Mittel mit 43^0 oder 1,07facher Böschung halten. Diese auffallende Erscheinung, welche gradezu im Widerspruche mit der ersterwähnten steht, wird dadurch erklärlich, dass eine solche mässige Durchfeuchtung die Cohäsion vermehrt. Sie macht nicht nur den Thon plastisch, sondern veranlasst selbst bei thonfreiem Sande, namentlich wenn er eine genügende Feinheit oder doch feine Theile besitzt, ein gewisses Zusammenbacken, das bei stärkerem Ueberwiegen von Feinerde oder von Theilchen unter 0,05 Millimeter, und namentlich von feinsten Theilen unter 0,01 Millimeter ziemlich kräftig werden kann, auch wenn diese Feinerde nur aus Quarz oder aus Kalk u. dergl.,

nicht aus Thon besteht. Diese unleugbare Zunahme der Cohäsion durch die beginnende Durchfeuchtung ist unbedingt der einzige Grund jener Zunahme des Böschungswinkels, und ist somit bereits ein Fall gegeben, in welchem Cohäsion und Reibung nicht in gleicher Weise wirken. Hierin liegt aber zugleich eine Ursache sehr verschiedenen Verhaltens der Bodenarten. Die durchfeuchteten Sande verlieren nach dem Trockenen den Mehrbetrag der Cohäsion ganz oder fast ganz wieder; der plastisch gewordene Thon, der ohnehin die Feuchtigkeit nur schwer und sehr langsam wieder abgiebt, thut dies dagegen nicht, und daher vermag thonhaltiger Boden im trockenen Zustande viel steilere Böschungen zu halten, als sandiger Boden. Während dieser fast augenblicklich nachstürzt, nachdem ihm beim Gewinnen von Erde oder durch natürliche Ursachen vorübergehend eine steilere Böschung gegeben, hält sich an Lehm, Löss, Mergelboden und Thon die steile Böschung meist so lange, bis eine stärkere Durchfeuchtung sie unmöglich macht. Daher wirken auch die Wasserrisse hier weit deutlicher ein, wie man es oft an frischen künstlichen und natürlichen Böschungen beobachten kann.

Ein zweiter, noch wichtigerer Unterschied in der Wirkung von Cohäsion und Reibung geht aus dem Verhalten der natürlichen Böschungen an gewachsenen Boden- und Felsarten hervor, bei denen also die Cohäsion des Bodens in ihrer ursprünglichen Stärke noch so lange wirkt, als nicht die Schwerkraft die Summe von Kraft überwindet, welche Cohäsion und Reibung ihr entgegensetzen. Würde nur die Reibung solchen Widerstand leisten, oder stände der der Cohäsion stets in gleichem Verhältnisse mit dem der Reibung, so wäre es zunächst unmöglich, dass Felsen eine vertikale (saigere) oder gar, was doch in der Natur ziemlich häufig vorkommt, eine überhängende Böschung zeigten.

Die Gesteinsarten haben im Allgemeinen gegen einander eine nicht unbedeutende Reibung, z. B. Rogenstein oder Muschelkalk auf Rogenstein einen Reibungscoefficienten von 0,75, Muschelkalk auf Muschelkalk 0,70, andere Steine auf einander immer noch 0,67. Auch der Mörtel, der ja eine Nachahmung der Gesteinsmasse ist, ändert die Reibung nicht wesentlich. Diesem Winkel entsprechen aber nur solche Gesteine, bei denen eine Trennung der Cohäsion oder ein geringes Maass derselben grade nach den in Frage kommenden Richtungen stattfindet. So rutschen die Steine auf den Schichtenflächen nach abwärts, wenn der dem obigen Coëfficienten entsprechende Reibungswinkei überschritten wird, also bei 35° bis 38°, falls die Cohäsion zwischen den Schichten wirklich gleich Null ist. Es giebt sogar, wie noch im Verlaufe zu besprechen sein wird, zahlreiche Fälle, in welchen ein Gleiten von Schichten, selbst von den genannten Gesteinen, aufeinander bei einem bedeutend

geringeren Neigungswinkel stattfindet; es sind dies die Fälle, wo angefeuchtete plastische Thone oder durch grossen Thongehalt ausgezeichnete und sich den Thonen ähnlich verhaltende Mergel zwischen den Schichten liegen. Alsdann kann diese durchfeuchtete Thonzwischenlage einer Schmiere ähnlich wirken und den Reibungscoëfficienten auf die geringen Werthe (0,16 oder dergleichen) herabdrücken, welche bei Anwendung solcher Schmiere zur Erscheinung kommen. Aehnliches kommt selbstverständlich in thonigen Gesteinen überhaupt vor und erleichtert in hohem Grade das Verdrücken der Thonschichten, welches man in der Natur überaus häufig findet.

Da, wo die Schwerkraft nicht parallel, sondern quer auf die Flächen mit geringster Cohäsion, also z. B. auf die Schichtflächen an einer Wand mit einfallenden Schichten (Schichtköpfen), wie an der linksseitigen Böschung von Fig. 18 (in *g*) einwirkt, fällt der natürliche Böschungswinkel stets viel steiler aus, und würde derselbe noch steiler sich gestalten können, wenn nicht in jeder Schicht zahllose feine Spalten (kleinere Trennungsflächen) sich zu befinden pflegten, deren Richtung im Allgemeinen annähernd rechtwinklig auf die Schichtfläche ist. Diese bewirken, dass der Böschungswinkel in dem durch beistehende Figur erörterten Falle wohl niemals steiler ist, als der Winkel, welcher den Einfallswinkel der Schichten zu 90° ergänzt. Betrüge z. B. in Fig. 23 der Fallwinkel 27°, so würde die Böschung immer minder steil, als zu 63°, also etwa halbfüssig, anzulegen sein und sich in der Natur immer auf diesen Betrag oder richtiger etwas unter denselben stellen.

Ueberhaupt werden Spaltflächen (Gangspalten, Klüfte, Verwerfungen) stets noch durchgängiger und in ausgesprochenerem Maasse die nämliche Wirkung äussern, als die Schichtflächen, wie dies ja ihr Verhalten in der Natur schon zur Genüge darthut. Ihre Richtung und Lage ist daher von grösster Bedeutung für die Ermittlung der thatsächlich vorhandenen Druckkräfte.

Wo nun aber solche Zusammenhangstrennungen nicht stattfinden, da gestalten sich die Böschungsverhältnisse, wie oben angedeutet, gänzlich verschieden. Namentlich sind es Gesteine, in welchen die Schichtflächen sehr sparsam vertheilt sind, wie z. B. die überaus grobbänkigen Sandsteine der böhmisch-sächsischen Schweiz, bei welchen sich eine überhängende Böschung beobachten lässt. Aber auch Kalkgesteine, Dolomite, Gypse, besonders Kalke und Dolomite der Alpen, krystallinische Kalke, überhaupt die mit hoher Cohäsion ausgestatteten krystallinischen Gesteine, wie namentlich der Gneiss (in Skandinavien) bieten überhängende Böschungen dar. Selbstverständlich wären dieselben ohne Cohäsion, nur durch die Wirkung der oben erörterten Reibungswiderstände, völlig undenkbar. Wo Klüfte und dergleichen

vorhanden, wie z. B. bei den meisten Massengesteinen, kommen sie daher auch nicht vor.

Da, wo die Cohäsion eine so gewaltige ist, wie in den obigen Fällen und überhaupt oft in den festen Gesteinen, so dass sie selbst den gewaltsamsten Trennungsmitteln, dem Sprengen mittels Pulver, Sprengöl oder dergl., in bestimmter Form namhaften Widerstand leistet, ist ein grosser Einfluss derselben auf die Gestalt der Böschungen, überhaupt ein erheblich mindernder Einfluss auf den Erddruck wohl unbestritten angenommen. Allein auch in allen übrigen Fällen wirkt die Cohäsion in der nämlichen Weise, wenn auch in geringerem Grade. Dies ergiebt sich aus der Form, welche sämmtliche natürlich entstandene Abtragsböschungen — namentlich auch die in beistehender Abbildung dargestellten, noch mehrfach zu erwähnenden Rutschkörper — zeigen. Dieselben sind nämlich niemals stetig geböscht, wie die Anschüttungen loser, cohäsionsfreier Körper, sondern concav, d. h. oben steiler, als unten, mit einspringender Biegung, wie Fig. 21 zeigt. Da der Reibungscoëfficient bei denselben Körpern ein constanter ist, und da sich eine Verschiedenheit im Verhalten der Erde bei *a* und *b* in der Regel durchaus nicht nachweisen lässt, so genügt die Reibung allein wiederum nicht, diese Gestalt der natürlich entstandenen Böschungen zu erklären. Der Cohäsion aber, die für gleiche Querschnittflächen, also für gleiche Abschnitte auf der Linie *ab*, gleiche Werthe haben muss, wirken oben bei *a* weit geringere Gewichtsmassen entgegen als bei *b*; daher vermag sie bei *a* den Werth des Böschungswinkels erheblich zu ändern, bei *b* nicht in demselben Grade und schliesslich nicht mehr in merkbarer Weise, obwohl der Werth des Böschungswinkels einer völlig incohärenten Masse theoretisch in allen Fällen, wo überhaupt Cohäsion stattfindet, nicht erreicht wird. Bei *b* findet sich daher annähernd eben dieser Werth, bei *a* ein steilerer Winkel, der um so steiler wird, je stärker die Cohäsion des Erdreiches oder Gesteins ist. Es wird daher im Allgemeinen ein Zeitpunkt eintreten können, wo der Winkel bei *a* oder selbst schon tiefer als bei *a* ein rechter wird, und zwar wird dies in um so grösserer Tiefe unterhalb *a* der Fall sein, je cohärenter die Erdmasse ist. Die Höhe *ac* Fig. 22 giebt daher ein Maass für die Cohäsion selbst ab; sie ist

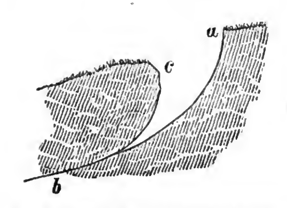


Fig. 21. *ab*. Natürlich entstandene Böschungsfläche. *bc*. Rutschkörper.

nichts anderes als die — bei den Erddruckberechnungen in der Regel direkt benutzte — Höhe, bis zu welcher sich eine bestimmte Erdart senkrecht abschneiden lässt, ohne nachzurollen. Da nun aber die der Cohäsion entgegenwirkende Gewichtsmasse nach *a* hin noch immer mehr abnimmt, so wird die Curve der Böschungsfläche nicht von *c* in eine vertikale Linie übergehen, sondern von dem Punkte *c* ab sich fortdauernd in derselben Richtung krümmen, also eine überhängende Böschung darstellen. Deshalb findet man auch in vielen Fällen, und selbst da, wo nicht etwa eine zusammenhängende Rasendecke [1]) der Grund dieser Erscheinung sein kann, Böschungen, welche nächst der Oberfläche der Erde überhängen. In anderen ist dies nicht der Fall, wie auch durchaus erklärlich, da der Punkt *c* keineswegs jedesmal durch die Böschung erreicht zu werden braucht, da diese vielmehr

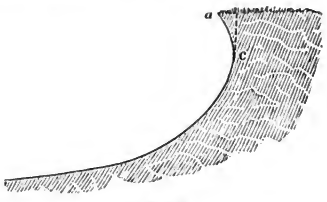


Fig. 22.

bei niederen Werthen der Cohäsion ähnlich wie in Fig. 21, mit grösserem aber immer noch unter 90⁰ befindlichen Winkel bei *a*, sich gestalten muss.

Die Anwendungen dieser einfachen Beobachtungen und der ihnen zu Grunde liegenden Gesetze sind vielfacher Art und werden theilweise noch im folgenden Kapitel zu erörtern sein; zunächst zu berücksichtigen ist die auf die Anlage der Böschungen in Einschnitten und in Anschüttungen.

Zunächst stehen die letzteren im Allgemeinen bei etwa 1,3 facher Böschung, und daraus folgt, dass die früher oft angewandten einfüssigen Böschungen fehlerhaft sind. Will man — was bei höheren Böschungen nothwendig, immer rathsam ist — auf mögliche ungünstige Fälle Rücksicht nehmen, so sind die üblichen $1\frac{1}{2}$fachen Böschungen, also Böschungswinkel von 33—34⁰, auch ohne die kostspielige, die Erdmasse unverhältnissmässig mehrende Anlage von

1) Dass eine Rasendecke diese Erscheinung verstärken muss, ist sicher; doch ist dies immer nur ganz nahe der Oberfläche der Erde möglich, während die Cohäsion, ganz allmählig abnehmend, oft ziemlich weit abwärts wirkt.

horizontalen Absätzen oder Banketten, in den meisten Fällen ausreichend, ja in allen, wo keine fehlerhaften Anschüttungen gemacht sind. Zu den letzteren gehören namentlich alle diejenigen, bei denen eine stärkere Durchfeuchtung nicht vermieden ist, z. B. Schüttungen in Winterszeit, bei welchen erhebliche Quanta von Wasser in gefrorenem Zustande in der Erdmasse enthalten sind, die im Innern derselben sehr langsam, aber unausbleiblich aufthauen, ferner zu rasche Schüttungen von Thonen und thonigen Mergeln, welche an Schwefeleisen reich sind und sich nun allmählig unter Aufquellen zersetzen (vgl. darüber S. 131), endlich Schüttungen auf Boden, der von Wasserläufen durchzogen war, ohne dass man diesen einen Abfluss gesichert hatte. Der letztere Umstand ist ganz besonders schädlich, wenn das Erdreich schwer durchlässig, thonig ist, und verstärkt sich nicht selten dann die schädliche Wirkung durch ein Zusammenwirken mit der zuvor erwähnten Ursache. Zu vermeiden sind diese Fehler sämmtlich leicht; der erste durch einige Sorgfalt beim Arbeiten im Winter, der zweite durch langsames Anschütten, gehörige Vertheilung und Mischung der ungünstigen Erdart, der dritte durch vorhergehende Anlage von Abzugskanälen, welche der verschiedensten Art, Drains, Sickerkanäle, gemauerte Kanäle sein können[1]). Sind die Rutschungen einmal im Gange, so ist Schutz der unterhalb belegenen Objekte — durch Steinpacklagen, Futtermauern — oft das Einzige, was dagegen anzuwenden; doch ist es in extremen Fällen nöthig geworden, vernachlässigte Wasserläufe wieder aufzusuchen und abzuleiten, oder den vitriolisirenden, quellenden Thon theilweise wegzuschaffen und durch Steine und dergl. zu ersetzen.

Um die Böschungen, die sonst ein beständiges Nachbessern erfordern würden, im Stande zu erhalten, wird stets — in Abtragmassen wie an Schüttungen — eine Bekleidung derselben angeordnet. In den meisten Fällen ist es eine Bekleidung mit Vegetation, welche aber meist ein Auftragen und möglichst ausgiebiges Befestigen guten, humosen Bodens erheischt, den man deshalb von allen Abtragplätzen und auch auf der Stelle, wo Aufschüttungen zu machen, vor dem Beginne der Arbeit zusammenträgt und sorgfältig aufbewahrt. Meist versucht man eine Grasnarbe zu erzeugen; an steileren Böschungen tritt jedoch auch ein Bepflanzen mit Gebüschen (Dorngesträuch und dergl.) mit Nutzen an deren Stelle. Böschungen an Anschüttungen, welche aus irgend einem Grunde — etwa Mangel an Raum oder an Erdmassen — steiler, als oben angegeben, anzulegen sind, werden dagegen meist gepflastert. Die Pflasterung wirkt ähnlich einer ganz

1) Vergl. darüber im dritten Kapitel.

schwachen Futtermauer und gestattet meist, 3/4 füssige Böschungen, im Winkel von etwa 53°, auch an höheren Schüttungen anzubringen, kleinere Erdwerke aber mit halbfüssiger Böschung (63°) und selbst steiler herzustellen. Bei noch grösserem Mangel an Raum für den Böschungsfuss ist die Anlage von Futtermauern das einzig rathsame Mittel. Die in früherer Zeit in manchen Fällen, namentlich zum Zusammenhalten der gegen Brücken stossenden Erdmassen, häufiger angewandten Bohlenwände, durch Balken verstärkt (sogenannte Spundwände) sind mit Recht auf vorübergehende Anlagen eingeschränkt, da sie keine Dauerhaftigkeit besitzen.

In den Einschnittsböschungen lassen die Felsarten meist stark geneigte Böschungen zu, so dass dieselben hier halb- bis 3/4 füssig, in manchen Fällen selbst noch steiler als halbfüssig werden können. Wie jedoch bereits erörtert, kommt die Lage des Einschnittes im Vergleich zur Schichtung sehr in Betracht. Der einfachste Fall ist der, dass die Schichten horizontal geschichtet sind. In diesem Falle wird meist eine ziemlich steile, den blossen Reibungswinkel an Steilheit erheblich übersteigende Durchschnittsböschung sich herstellen, aber im Einzelnen eine Abtreppung sich zeigen; die einzelnen Stufen fallen um so grösser aus, je mächtiger die einzelnen Schichten sind. Sehr häufig wird man hier steile Böschungen anlegen können, nicht selten halbfüssige, wie sie auch bei ungeschichteten Gebirgen üblich sind, und wird die Beschaffenheit der Felsen, ob krystallinischer Schiefer, fester (alter) Thonschiefer, Kalk, Dolomit, Gyps, Sandstein, wenig in Betracht kommen, vorausgesetzt, dass dieselben nicht, wie manche Mergel, der Verwitterung gar zu sehr ausgesetzt sind. In diesem Falle, der z. B. bei den Plänermergeln einzutreten pflegt, ist die gewöhnliche Folge, dass man die Böschung etwas flacher herzustellen hat, und dass trotzdem dieselbe sich mit der Zeit durch Ablösen von Gesteinspartien noch weiter abflacht. Indessen pflegt man mit Recht für feste Gesteine nicht sehr ängstlich in dieser Beziehung zu sein, da die Verwitterung im Ganzen sehr langsam vor sich geht, und da es meist noch vortheilhafter ist, die Böschung sich allmählig durch Ablösen der Stücke selbst reguliren, als sofort ausgedehnte Erdgerinnungen eintreten zu lassen. Der Fall, dass die Schichten zwar in einem mehr oder weniger steilen Winkel geneigt sind, aber nicht gegen die Angriffsfläche der Erdarbeit, also nicht gegen die Böschung der Einschnitte, verhält sich ganz ähnlich.

Anders, wenn der Einfall gegen die Böschungsfläche gerichtet ist, wobei gewöhnlich — wenn der Einschnitt beiderseitige Böschungen hat — die beiden Fälle gleichzeitig zur Erscheinung kommen, nämlich erstens, dass die Schichten von der Böschung in den Berg einschiessen, und zweitens, dass sie auf die Böschung zu

einfallen. Das Verhalten ist aber ein wesentlich verschiedenes, je nachdem der Fallwinkel ein steiler oder flacherer ist. Bei flach gegen den Einschnitt fallender Schichtung kommt es darauf an, ob der Fallwinkel grösser oder kleiner ist, als der natürliche Böschungswinkel. Ist er grösser, ist also z. B. wie in Fig. 18 *ab* die Richtung der Schichtflächen, der Fallwinkel etwa 40°, der natürliche Böschungswinkel *dce* (Reibungswinkel auf den Schichtflächen) aber nur 32°, so würde eine Abtreppung nicht stattfinden, sondern die ganze Erdmasse bis *ab* abrutschen, und eine der Schichtfläche entsprechende Böschung sich herstellen. Dieser Fall gestaltet sich besonders ungünstig, wenn der Winkel *dce*, wie es oben für Thon und thonige Zwischenlagen als möglich hervorgehoben wurde, sehr klein ist. Es kann bei solcher Beschaffenheit der Schichtflächen vorkommen, dass trotz einer Neigung derselben von nur etwa 10° die Schichten, welche auf die Fläche *af* stossen, ins Gleiten kommen, und alsdann ist selbstredend der gleitende Körper *afb* um so grösser, je kleiner der Fallwinkel ist. Auch wenn in solchen Fällen nicht die ganze Masse des Gebirges oberhalb *af* sich in Bewegung setzt, sondern vorerst nur bis zu den nächsten Querspalten, so ist doch immer die Gefahr da, dass allmählig fernere Massen folgen, bis der ganze Körper oberhalb der tiefsten der vom Einschnitte erfassten Schichtflächen bis zum Ausbeissen derselben abgerutscht ist. Ist dagegen der Fallwinkel *abe*, wie in Fig. 23, kleiner, als der natürliche Bö-

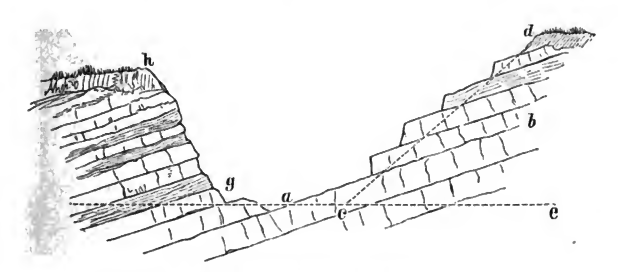


Fig. 23. Schwach geneigte Schichten.

schungswinkel *dce*, so bleibt, ähnlich wie bei horizontaler Lage, eine Abtreppung der Böschung in der durchschnittlichen Richtung *cd*, vorausgesetzt, dass nicht durch Verwitterung und thoniges Zerfliessen von gewissen Schichten oder Zwischenlagen allmählig ein ungünstigerer Reibungswinkel sich herstellt, der nun unter ungünstigen Verhältnissen, bei Durchfeuchtung, ähnliche Erscheinungen zur

Folge haben kann, wie sie der vorige Fall darbot. Es ist zu beachten, dass es beide Male nicht auf den Winkel ankommt, in welchem die Schichten gegen die Längsaxe des Einschnittes und gegen die Längsrichtung der Wand einfallen, sondern auf den wirklichen Fallwinkel (maximalen Neigungswinkel) der Schichten, es müsste denn sein, dass die Fallrichtung nahezu parallel der Längsrichtung der Böschungswand verliefe; denn in letzterem Falle werden immer nur geringe Partien jeder einzelnen Schicht ins Gleiten kommen können, der Rest aber durch die in ihrer Lage bleibenden Theile der nächsthöheren Schichten vor dem Abrutschen bewahrt bleiben.

Das Verhalten der entgegengesetzten Böschungswände, *gh* in beiden Figuren 18 und 23, ist ein günstigeres; im Allgemeinen böschen sich solche Linien, wie oben bemerkt, in dem zum Fallwinkel complementären Winkel. Selbst bei natürlichen Böschungen, an Fluss- und Seeufern, findet Aehnliches statt, und liefern die Schichtkopfenden in der Regel Steilhänge, die nur durch eine an ihrem Fusse angehäufte Trümmer- und Schuttmasse sich von den künstlichen Böschungen dieser Art unterscheidet. Diese Trümmermassen haben, wie sich von selbst versteht, eine flachere Böschung. Die natürlichen Hänge an der Fallseite aber pflegen noch flacher zu sein, als die Fallwinkel, selbst wenn diese sehr sanft geneigt sind, und stehen daher meist die nächsthöheren Schichten an dieser Seite folgerichtig an. Den Durchschnitt durch eine derartige Hügelkette, wie sie z. B. in der Juraformation bei Hildesheim und in der Weserkette, in noch grösserem Maassstabe in der rauhen Alb, im Plänerkalke an der Südseite des Teutoburger Waldes, im Muschelkalke bei Göttingen u. s. w. vorkommen, stellt Fig. 21 dar.

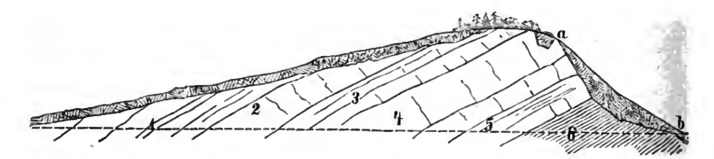


Fig. 24. 1—6 Gebirgsschichten aus festem Gestein, von den jüngern bis zu den älteren beziffert. *a*. Steinbruch. *b*. Schuttmasse an der Schichtkopfseite. Links Schuttland über den anstehenden jüngeren Schichten.

Sind die Schichten steil aufgerichtet, so ist an der Seite, wo sie auf die Böschung einschiessen, *ab* in Fig. 25, gewöhnlich der Fallwinkel zugleich der natürliche Böschungswinkel. Nur wenn derselbe sehr steil ist, kann eine Ueberkippung, wie in Fig. 9 S. 116, entstehen, und dann ist ein flacherer Böschungswinkel an dem oberen

Theile anzulegen. Auch ist immer zu fürchten, dass das in die Schichtspalten eindringende atmosphärische Wasser eine Verwitterung und danach eine fernere Verflachung der natürlichen Böschung zur Folge hat. Am besten wirkt man dem durch Bekleidung der Böschung mit Rasen entgegen. An der entgegengesetzten Seite wird sich hier, wenn die Schichten mässig steil, nicht erheblich steiler als mit 45°, einfallen, meistens ein natürlicher Böschungswinkel herstellen, welcher dem Complemente des Fallwinkels sich annähert; bei steilem Einfalle, bei welchem ein solches Verhalten sehr ungünstig sein würde, ist dasselbe jedoch nicht zu fürchten, vielmehr die für die Felsart angezeigte Böschung (im Mittel für die meisten festeren Felsen halbfüssige) vollkommen stabil, indem sich in Folge der Cohäsion die Schichtenenden eine Strecke weit von selbst tragen.

Die oberen, lockeren Erdschichten sind überall in den Einschnitten flacher zu böschen. Auch ist in diesem Falle die Anlage von horizontalen Absätzen oder Bankettes empfehlenswerth, weil durch dieselben verhütet wird, dass etwanige Störungen, die in losem Erdreiche immer möglich, sofort die ganze Böschungsfläche

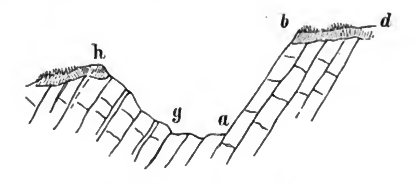


Fig. 25. Mittlere Schichtung.

afficiren. Daher würde ein Einschnitt in mässig zerklüftetem, eine Böschung von $^1/_2$ zulassendem, aber mit lockerem Grus und Lehmboden bedeckten Granite ungefähr die Gestalt, wie sie Fig. 26 zeigt, bekommen, indem über der Grenze des Granits in *a* und *b* Banketts von $^1/_2$ bis 1 Meter Breite und oberhalb derselben $1\,^1/_2$ fache Böschungen bis *c* und *d* angelegt sind, während man unterhalb *a* und *b* mit der steileren Böschung zu $^1/_2$ sich begnügen darf.

Die Festigung des bei allen flachen Böschungen auch hier nothwendigen humosen Bodens muss an Schichtflächen, wie *a'b'* in Fig. 25, besonders sorgfältig geschehen. Namentlich in diesem Falle ist das Einhauen von Vertiefungen für dieselbe dringend geboten. Bei steilen Böschungen thut man besser, einfach die Felsen stehen zu

lassen. Selbst ein Bepflanzen mit Gesträuch, das in weniger extremen Fällen (z. B. Böschungen von nahezu 45⁰ Neigung) besonders in Einschnitten von Nutzen sein kann, ist bei den steilsten Winkeln unausführbar, und würde die mühsam angebrachte Erde unfehlbar durch die nächsten Regengüsse oder doch mindestens durch den nächsten Absturz einer grösseren Schuttmasse, wie er in diesen Fällen selten lange auszubleiben pflegt, wieder entfernt werden. Das Pflastern der Einschnittböschungen ist besonders da von grossem Nutzen, wo Tagewässer ihren Weg zu denselben und auf ihrer Fläche abwärts finden; es gewährt alsdann den einzig zuverlässigen Schutz. Die Anlage von Futtermauern unterliegt ganz denselben Regeln, wie bei Anschüttungen.

Was die Theorie dieser Futtermauern betrifft, so kann es hier nicht die Aufgabe sein, dieselbe zu erörtern, zu beweisen oder zu kritisiren; vielmehr ist es hier nur von Wichtigkeit, die besonderen Fälle zu berücksichtigen, welche durch ungewöhnliche Beschaffenheit

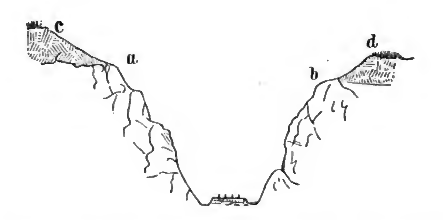


Fig. 26. *ab*. Grenze des festen Granits. *cd*. Grenze des gewachsenen Bodens.

der Erdkörper oder durch ungewöhnliche Werthe der Böschungswinkel ausgezeichnet sind, und zu deren Erläuterung an die einfachsten Gesetze zu erinnern, welche hier zur Geltung kommen. Der natürliche Böschungs- oder Reibungswinkel des Erdreichs ist stets von Wichtigkeit, indem dasjenige der möglicher Weise gleitenden Erdprismen, welches unter normalem Verhältnisse den grössten Druck auf eine Futtermauer auszuüben im Stande ist, mit der vertikalen Richtung einen Winkel bildet, welcher halb so gross ist, als der Winkel, den die Richtung der natürlichen Böschung mit der Vertikale einschliesst. Diese Linie, also, wenn EAC der Böschungswinkel, $BAC = 90^0 - EAC$, BAD aber $= \frac{1}{2} BAC$ oder $= 45^0 - \frac{1}{2} EAC$ ist, die Linie AD in Fig. 27, schneidet diejenige Erdmasse

ab, welche, sammt dem auf ihr selbst etwa noch lastendem Drucke, auf die Futtermauer in BA seitlichen Druck ausübt. Wenn (wie dies meist der Fall) die Neigung des Bodens von D an nicht bedeutend von der Horizontale abweicht, auch die Höhe der Schüttung nicht erheblich, nicht mehr als etwa um 0,3 der Höhe der Futtermauer selbst über deren Krone hervorragt, kann man ohne erheblichen Fehler das Prisma für voll rechnen, also die Seite BA oder Summe der beiden Höhen (von Futtermauer und Ueberragung) direkt mit der Tangente des Winkels BAD multipliciren, um die zweite Kathete des Dreiecks BAD zu bekommen. Das halbe Produkt beider Katheten giebt die Fläche des Dreiecks, welches den Querschnitt des Prismas vom grössten Druck darstellt; wenn man also die Höhe oder BA mit h bezeichnet, ist dies $= \frac{1}{2} h^2 \, tang. \, (45^0 - \frac{1}{2} EAC)$; der Druck auf eine Längseinheit der Mauer ist $\frac{1}{2} h^2 \, tang.^2 \, (45^0 - \frac{1}{2} EAC)$, sein Angriffspunkt liegt von A aus auf $\frac{1}{3} h$ und sein Moment, vom festen Punkte A aus gerechnet, ist $= \frac{1}{6} w h^2 \, tang.^2$

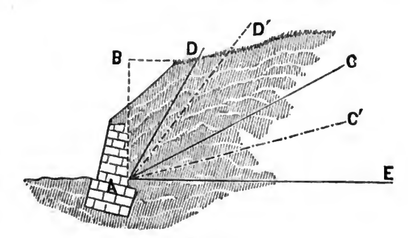


Fig. 27.

$(45^0 - \frac{1}{2} EAC)$, sobald w das Gewicht einer Volumeinheit der festen Masse bezeichnet. Es kann hier nur im Vorübergehen daran erinnert werden, dass man beiderlei Wirkung dieses Druckes auf die Mauern zu prüfen hat, sowohl diejenige, welche die Mauer um A zu drehen, sie überzukippen trachtet, als auch diejenige, welche sie in Folge der Ueberwindung der gleitenden Reibung zum Ausrutschen bringt. Gegen jenes pflegt in den normalen Fällen unter Annahme doppelter Sicherheit eine Stärke von $\frac{3}{4} BD$, gegen dieses von 0,3 BA auszureichen; in der Mehrzahl der Fälle erheischt ersteres die grössere Stärke (z. B. bei 38^0 Böschungswinkel nicht ganz $\frac{3}{8} BA$), doch ist stets eine Prüfung vonnöthen. Bei grossem Betrage der Ueberschüttung ist verhältnissmässig keine so bedeutende Stärke erforderlich wie bei geringem, bei welchem etwa BA nicht viel grösser, als die Höhe der Mauer selbst, wenn auch immer eine grössere als die für geringe oder gar keine Ueberschüttung gebräuch-

liche von $^1/_3$ der Mauerhöhe. Gewöhnlich beginnt man mit der Stärke nachzulassen, sobald die Mauerhöhe auf $^2/_3$ der Totalhöhe abnimmt, so dass man z. B. dann, wenn sie die Hälfte bis ein Drittel der Totalhöhe beträgt, die Stärke auf $^1/_4$ bis $^1/_6$ der letzteren ermässigt, also auf $^1/_2$ der Mauerhöhe ansetzt. Noch höhere Ueberschüttungen haben verhältnissmässig noch geringeren Einfluss, so lange nicht die oben erwähnten abnormen Verhältnisse eintreten. Von diesen ist zunächst eine starke Durchfeuchtung des hinter einer Futtermauer befindlichen Erdreiches hervorzuheben. Diese Durchfeuchtung ändert den natürlichen Böschungswinkel oft so sehr, dass eine ganz verschiedene Gestalt des Prismas vom grössten Drucke und ein sehr erheblicher Mehrbetrag der Flächengrösse seines Querschnittes resultirt. Nimmt man an, dass sehr wasserhaltiges Erdreich durch anhaltenden Regen aufgeweicht ist, so kann sich sein Böschungswinkel auf 20⁰ und selbst weniger vermindern; während man folglich bei den für gewöhnlich vorkommenden Werthen dieses Winkels (ca. 38⁰) einen Werth der gegen das Kippen erforderlichen Stärke mit doppelter Sicherheit ($^3/_4$ BD) von etwa 0,35 BA erhält, wächst dieser Werth, da man nun für *tang.* ($45^0 - {}^1/_2 EAC$) statt *tang.* 26^0 in manchen Fällen Werthe wie etwa *tang.* 35^0 einzusetzen hat. Dies giebt schon mehr als das $1^1/_2$fache der vorher berechneten Grösse, und da nun ausserdem das neu hinzukommende Stück des Erdprismas DAD' nicht selten höher überschüttete Partien in sich begreift, als das Stück BAD, da ferner die Durchfeuchtung eine sehr bedeutende Zunahme des Gewichtes der Erdmasse — wie oben ersichtlich, wohl bis zum $1^1/_2$fachen des frühern Gewichts sich steigernd — zur Folge hat, so ist leicht ersichtlich, dass schon die Annahme eines Böschungswinkels von 20^0 die Mauer umstürzen kann, und dass die Sicherheitsgrenze 2 unter diesen Annahmen überschritten wird. Daher sieht man auch unter den angegebenen Verhältnissen sehr häufig, dass Futtermauern einstürzen, und dass dies bei kürzlich angelegten Futtermauern noch ungleich häufiger, als bei — selbst schwächer angelegten — älteren geschieht, hat seinen Grund darin, dass bei ersteren die Erdmassen frisch angegriffen sind und hinter der Mauer in einen Zustand der Bewegung gerathen, ein Umstand, der auch bei den noch zu besprechenden Rutschungen in hohem Grade in Betracht kommt. Der Reibungscoëfficient von Körpern in Bewegung ist stets erheblich kleiner als der derselben Körper im Stande der Ruhe. Wenn die darauf bezüglichen Angaben auch noch stark auseinandergehen und von weniger als 10 bis zu mehr als 40 Procent Abnahme schwanken, so steht jene Abnahme überhaupt doch fest.

In Wirklichkeit ist der Erddruck auf die Futtermauern stets etwas geringer, als er sich nach Obigem berechnet, indem ihn die

Cohäsion mindert[1]). Will man auf diese Rücksicht nehmen, so braucht man nur die Höhe *ac* (Figur 22 S. 144), bis zu welcher das Erdreich ohne Nachstürzen senkrecht steht, von der Höhe *BA* abzuziehen; denn offenbar übt die hierdurch ausgedrückte Partie des Erdreichs keinen Druck nach aussen aus. Jedenfalls thut man aber gut, bei der Möglichkeit von Durchfeuchtungen, da ein stärkerer Grad derselben die Cohäsion beträchtlich mindert, keine Rücksicht auf dieselbe zu nehmen.

Findet sich nun aber hinter der Futtermauer eine Rutschfläche, sei es eine Verwerfungsspalte oder eine der oben erwähnten gleitenden Schichtflächen, so hat es offenbar keinen Sinn mehr, das den maximalen Druck ausübende Prisma zu erörtern, sondern es kann in praktischer Beziehung nur noch die Aufgabe sein, den thatsächlichen Druck zu ermitteln, den die wirklich vorhandene Trennungsfläche bedingt. Unter der Annahme einer horizontalen Begrenzung des Erdreiches oberhalb der Futtermauer kann nun zwar der Druck niemals grösser werden, als ihn das Prisma des grössten Druckes ergiebt; anders ist es jedoch, wenn die Oberfläche eine Neigung hat, die nicht erheblich von der der Gleitfläche abweicht. Dies aber wird selten bei den steileren Verwerfungsflächen eintreten, und es ist bei diesen höchstens erforderlich, die Reibungscoëfficienten der Bewegung statt der der Ruhe anzunehmen, deren geringerer Betrag wohl die Wirkung der Abrutschung auf solchen Linien etwas ungünstiger erscheinen lassen kann, als die auf gewöhnlichem Wege ausgeführte Berechnung des grössten Drucks. Desto häufiger kann jener Fall bei Schichtflächen eintreten, auf welchen durch die oben angegebenen Verhältnisse eine ungewöhnlich geringe Reibung herrscht. Hier (Fig. 28) wäre es wohl denkbar, dass trotz der verhältnissmässig sehr geringen Kraft, mit welcher der gleitende Körper vom Querschnitte *BAC* auf die Futtermauer wirkt (zunächst im Verhältniss $\frac{CE}{AE}$ und dann noch mit Abzug der Reibung), doch die absolute Grösse desselben so gross würde, dass die oben angegebene übliche Mauerstärke nicht hinreichte. Schon eine Ansteigung von *BC* um 5^0 würde unter Annahme einer Grösse von $CAE = 10^0$ und bei Ansatz des Bewegungsreibungscoëfficienten zu ca. 0,15 eine Stärke von 0,4 *BA* erheischen, wenn man doppelte Sicherheit haben wollte; es erhellt aber, dass man leicht noch viel grössere Rutschmassen bekommen kann. Die Berechnung derselben ist daher in den ein-

1) Dies würde sich auch dadurch aussprechen, dass man bei der Construktion des Gleitkörpers, wie er in der Natur vorkommt, keine ebenflächige Begrenzung, also *AD* nicht als grade Linie fände, vielmehr eine concav gekrümmte Begrenzung.

schlägigen Fällen stets mittels eines Querprofils, oder mehrerer, durch das Terrain *BC* und unter genauer Feststellung der Fallwinkel der Schichten anzustellen.

Dass obige Angaben sich auf sorgfältig ausgeführtes trockenes Mauerwerk beziehen, bedarf nur flüchtiger Erwähnung, wie auch, dass man unter Beibehaltung der berechneten Werthe der Mauerstärke für die Mitte den Futtermauern fast immer eine nach oben verjüngte Gestalt, eine sogenannte „Anlage“, d. h. eine steile (etwa $^1/_5$ betragende) Abböschung der Aussenfläche der Mauer, giebt, dass man auch wohl die ganze Mauer mit einer Neigung nach der zu stützenden Erdmasse zu, ferner manchmal die Aussenfläche in concaver Bogenform aufführt, dass man die Fugen in der Regel senkrecht auf die schräge Aussenfläche stellt. — Wendet man zugleich mit dieser verbesserten Construction regelmässiges Mauerwerk in Mörtel an, so kann man die

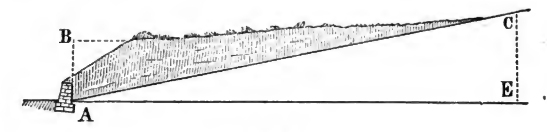


Fig. 28.

Stärke am Fusse auf den Betrag der oben ausgeworfenen mittleren Stärke und die obere Stärke auf die Hälfte derselben ermässigen. Endlich kann man solche Futtermauern, welche zu schwach angelegt oder aus irgend einem Grunde schwächer, als die Rechnung erheischt, anzulegen sind, durch Strebefeiler, Contreforts und dergl. verstärken [1]). Die Fundirung der Futtermauern, bei welcher die Neigung der Schichten gegen den Horizont (über 11^0 für eine Aussenfläche mit der Anlage 1 : 5) zu berücksichtigen ist, unterliegt den Regeln aller Fundirungen; nur möchte es in der Natur der Sache begründet sein, dass schwierige Fundirung kaum in Betracht kommen kann, indem man bei der Gefahr einer solchen von der Anlage einer Futtermauer an der betreffenden Stelle Abstand nehmen dürfte. —

Wenn die Futtermauern in grösserer Ausführlichkeit gedacht ist, als dies auf den ersten Blick nöthig erscheinen könnte, so findet dies unbedingt seine Rechtfertigung durch die direckte Anwendung, welche

1) Ausführlichere Darlegungen der Theorie finden sich in den Lehrbüchern der Ingenieurwissenschaft, jedoch nicht in erschöpfender Weise. Für die Mehrzahl der Fälle — die Ausnahmen sind oben im Texte bezeichnet — können die in manchen der betreffenden Schriften (Weissbach's verschiedene Werke, Scheffler, Theorie der Gewölbe, Futtermauern etc., u. A.) gegebenen Tabellen gelten.

die bei diesen Constructionen anzustellenden Berechnungen und Beobachtungen auf das wichtige und selten genügend erörterte Kapitel der Rutschungen im gewachsenen Erdreich, in und nächst Einschnitten und grösseren Erdgewinnungen überhaupt, bei Tagebauten u. s. w. gestatten. In der That sind es wieder die beiden oben erörterten Fälle, welche hauptsächlich die Gefahr solcher Rutschungen bedingen, denen sich die natürlichen Bergschlipfe, Bergstürze, Murbrüche u. s. w. ganz naturgemäss, als Phänomene der nämlichen Art und nur in grösserem Maassstabe und wesentlich durch Naturkräfte, nicht durch Menschenarbeit verursacht, zur Seite stellen. Zunächst die Durchfeuchtung, welche, wie noch hervorzuheben, nicht blos vorübergehend durch Tagewässer, sondern auch durch beständige Wasserzüge, unterirdische und auf der Erdfläche befindliche, veranlasst sein kann und in letzterem Falle noch viel anhaltender und stärker schadet, als im ersteren. Hierbei ist auch die Beschaffenheit des Erdreiches oder Gesteins von grossem Einflusse. Ein Thongehalt desselben hält das Wasser stets länger an, der Ueberdruck, welchen dieses veranlasst, ist daher anhaltender, als in sandigem Boden oder in Schuttboden ohne thonige Bestandtheile. Der frühere günstigere Zustand der Reibung stellt sich hier früher wieder her, das Mehrgewicht schwindet rascher, und das Wasser sucht sich in vielen Fällen von selbst einen Abfluss, den man in thonigen Erdmassen oft unter grossen Kosten künstlich herstellen muss. Nicht nur reiner Thon, sondern auch Lehm verhält sich in durchfeuchtetem Zustande — als sogenannter Flottlehm — in hohem Grade ungünstig, und ist der Reibungswinkel sowohl für diesen Flottlehm, als für die zerfliessenden Thone sehr gering — bis auf weniger als 10^0 — anzusetzen.

Schon aus dem oben Gesagten geht hervor, dass die Rutschungen, wenn sie einmal entstanden sind, ungünstigere Verhältnisse schaffen, als zuvor vorhanden waren; der Reibungswinkel mindert sich durch die eingetretene Bewegung, und ausserdem treten, sobald ein Uebermaass von Feuchtigkeit vorhanden, noch ungünstige Nebenumstände hinzu. Das rissig gewordene Gebirge oder Erdreich saugt um so begieriger und leichter Wasser an, und dieses dringt leichter in Tiefe, wo es noch stärker angehalten wird, weniger verdunstet und im Allgemeinen auch weniger leicht abfliesst. Daher ist es auch bei den Rutschungen oberhalb der künstlichen Erdabträge, wie bei den Bergschlipfen eine häufige Erscheinung, dass dieselben ruckweise erfolgen; nicht die ganze Masse auf einmal löst sich los, sondern es folgt eine Partie auf die andere, bis der Rest so gering ist, dass er die Reibungswiderstände nicht mehr bewältigen kann.

Die ausgiebigsten Rutschungen pflegen dem in Fig. 28 verzeichneten Falle zu entsprechen, wo auf einer sanft geneigten Schicht geringe Reibung herrscht; doch liegt es in der Natur der Sache, dass

hier die Rutschung meist sehr langsam vor sich geht und warnende Anzeichen, Schrunden im Terrain (BC der genannten Figur) voraufschickt, während auf steileren Schicht- oder Gangspaltenflächen zwar nicht so kolossale Massen nach abwärts gefördert werden, dafür aber die Wirkung auch eine um so raschere ist. Die plötzlichen, verheerenden Katastrophen sind meist dieser Art von Rutschungen zuzuschreiben. In allen diesen Fällen spielt die Durchfeuchtung wieder eine Rolle, und selten wird ohne vorhergehende ungünstige Verhältnisse dieser Art eine grössere Rutschung entstehen. Nur dauert es freilich oft ziemlich lange, bis die Wirkung der grösseren Durchnässung des Erdreichs zur Geltung kommt, was durch das oben berücksichtigte Wasserhaltungsvermögen vieler Erd- und Gesteinsarten erklärlich wird.

Eine in Bewegung befindliche Erdmasse zurückzudrängen, ist selbstverständlich eine Aufgabe, an welche in irgend namhaften Dimensionen nicht gedacht werden kann. Dazu würde es erforderlich sein, den passiven Erddruck, den Widerstand, welchen die Erdmassen einer auf sie wirkenden Kraft entgegensetzen, zu überwinden; dieser aber verhält sich zu dem activen Erddrucke, dem — im Vorigen ausschliesslich in Betracht gezogenen — Drucke der Erdmassen nach aussen, wie das Quadrat der Tangente des Winkels $45^0 + \frac{1}{2} EAC$ zu dem Quadrate der Tangente des Winkels $45^0 - \frac{1}{2} EAC$[1]); dies ist die Folge davon, dass die Reibung dem activen Erddrucke entgegen wirkt, dem passiven zu Gute kommt. Ausserdem wirkt noch die Cohäsion in ähnlicher Weise, so dass man beim activen Erddrucke von der Höhe AB in Fig. 27 und 28 die Höhe, in welcher eine senkrechte Erdwand sich zu halten vermag, abzuziehen, beim passiven Erddrucke sie aber zu derselben zu addiren hat. Sind daher einmal Erdmassen eingerutscht, so sind sie, wenn der Bauplan oder Arbeitsplan überhaupt dies erheischt, wieder wegzutransportiren, wodurch abermals ein ungünstigeres Verhalten der oberhalb belegenen Massen bewirkt, in vielen Fällen also der Rutschung noch ferner Vorschub geleistet wird. Nicht ganz selten wird daher durch ausgiebige Rutschungen eine Aenderung der Baupläne nothwendig gemacht.

Die Art der Vorrichtungen behuf Entwässerung der Erdabträge, die Ableitung der Quellen und Tagewässer u. s. w. wird im dritten Kapitel vorliegenden Abschnitts Berücksichtigung finden. —

Bei den Arbeiten an der Erdoberfläche (zu Tage) kommt ausser dem seitlichen Drucke nur noch der Druck von unten nach oben, d. h. der dem Drucke von oben entgegenwirkende Widerstand des Erdreichs, in Betracht. Derselbe ist oft ziemlich stark, oft aber

---

1) EAC in der Bedeutung wie in Fig. 27.

auch, wie schon für einige Fälle angedeutet wurde, welche bei den Dammschüttungen vorkommen können, ausserordentlich gering und erheischt besondere Vorkehrungen. Fasst man zunächst den einfachsten Fall ins Auge, bei dem eine ziemlich gleichförmige Masse, eine Erdmasse, also ein Haldensturz, ein geschütteter Eisenbahn- oder Strassendamm den Druck ausübt, so ist ein Zusammenpressen des unter der Schüttung befindlichen Erdreichs theoretisch nothwendig, allein bei manchen Erd- und Gesteinsarten so gering, dass er ausser Acht gelassen werden kann, und ist unter den Erdarten, welche sich günstig verhalten, vor allen auch der Sand zu nennen, so lange er nicht durchfeuchtet ist und zum Schwemmsande wird oder an der Oberfläche der Gefahr der Verwehung, als Flugsand, ausgesetzt ist. Viel ungünstiger verhält sich Thon und Lehm, die in Folge ihrer Plasticität beim Durchfeuchten sich zur Seite drücken lassen. Kann man daher einem seitlichen Ausrutschen nicht entgegentreten, so schiebt eine Schüttung oft eine grosse Masse von Thonen, thonigen Mergeln, Lehm und dergl. zur Seite und thürmt sie, wenn später Widerstand sich entgegenstellt, neben sich an. Am ungünstigsten pflegen sich dabei die Fälle zu gestalten, in denen eine einseitige Rutschung, natürlichen Gleitflächen (Schichtflächen, geneigter Bodenfläche) entlang, stattfindet. Bei manchen anderen Bodenarten indessen findet eine noch stärkere Durchfeuchtung statt als bei Schwemmsand und Thon oder Lehm (Flottlehm). Wenn das widerstandslose Wasser, durch den Druck vertrieben, bei diesen Erdarten auch feste Theile in hohem Maasse mitzunehmen im Stande ist, so ist dafür der Grad der Durchfeuchtung bei der folgenden Kategorie gemeiniglich noch grösser. In dieselbe gehören besonders die Moore, Torfbrüche und dergl., auch durchfeuchtete Wiesenmergel. Es ist für dieselben keineswegs von Vortheil, dass auf ihnen sich meist eine etwas widerstandsfähigere Decke bildet; denn diese Decke ist stets zu dünn, um entscheidenden Einfluss haben zu können. Dagegen hat sie einen sehr lästigen Uebelstand zur Folge, den Fig. 29 darstellt. Wird auf einer Moorfläche, deren ursprüngliches Niveau sich in *ab* befand, eine Dammschüttung (*A*) gemacht, so hält Anfangs die festere Decke — ebenso, wie sie gemeiniglich unter dem Fusse der darauf Gehenden nur schwankt, nicht einbricht, und dies trotz der geringen Grösse der Widerstand leistenden Fläche — zusammen, indess das unter ihr befindliche Erdreich bereits nachgiebt. Dagegen ist die unvermeidliche Folge, dass die feste Decke, *cc'*, seitwärts, in *B* und *B'*, gehoben wird, denn die Masse *dd'* unter ihr muss das bei *A* verlorene Volumen anderswo wieder gewinnen und kann es nur unter Hebung von *cc'*. Daher muss die obere Schicht *cc'* wellenartig gebogen werden, und zwar müssen die Auftreibungen in *B* und *B'* an Volumen der Vertiefung unterhalb *A* gleich sein; diese

aber muss so bedeutend ausfallen, dass ein Gleichgewichtszustand erreicht wird. Es wird daher in solchen Fällen meist schon an und für sich ein ungünstigerer Zustand geschaffen, als wenn nur die direkt unterhalb *A* belegene Partie des Erdreichs zu comprimiren gewesen wäre. Thatsächlich aber findet nun doch schliesslich in der Mehrzahl der Fälle ein Reissen der Decke statt, nachdem die Aufbiegung in *B* und *B'* einem gewissen — und manchmal ziemlich hohen — Grad erreicht hat. Die Verhältnisse gestalten sich dann, wie Fig. 30 zeigt; nachdem in *e* und *e'* sich die Zusammenhangs-

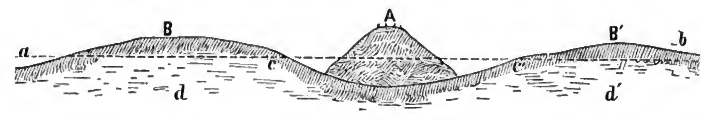


Fig. 29.

trennung hergestellt, erreicht die Sprunghöhe *ef* und *e'f'* der aufgetriebenen Massen eine nicht unbeträchtliche Grösse, indem *e* und *e'* sich ziemlich oder ganz in das Niveau der Maximalhöhen bei *B* und *B'* stellen, *ff'* und darunter *g* noch ferner unter *A* sinkt. Man sieht in Folge dessen neben den Schüttungsdämmen oft eine hoch aufgedrückte Partie von Erdreich und, wenn verschiedene zusammendrückbare Schichten vorhanden, so zeigt sich unterhalb *e* und *e'* und oberhalb der mit *ee* und *e'c'* gleichen Schicht *ff'* eine verschiedene, z. B. Wiesenmergel oder Wiesenthon unter Torf oder Moorboden.

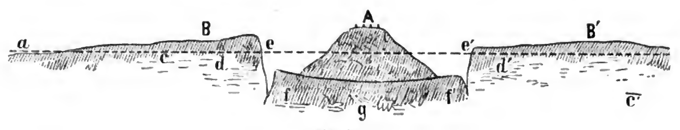


Fig. 30.

Hierdurch wird nun die Regel erst verständlich, welche man für solche Fälle mit vollem Rechte aufgestellt hat, nämlich die, dass man die festere Decke über moorigem Erdreiche, dem sich übrigens (vergl. oben) sehr viele durchfeuchtete Wiesenmergel durchaus an die Seite stellen, möglichst tief an den Grenzen der Aufschüttung zu durchstechen habe. Die Schüttung *A* drückt nun einfach den unter ihr befindlichen Bodentheil zusammen; die Seitenpartien aber bleiben annähernd im Niveau *ab*, und der ganze Betrag, um welchen (in Fig. 30) die Seitentheile (*BB'*) emporgetrieben sein würden, wird

erspart, folglich die Schüttung behuf Erreichung des nämlichen Niveaus erheblich geringer ausfallen. Dies ist nicht nur von direktem Vortheile, sondern ermässigt auch wiederum die Grösse des Druckes und der Compression des Untergrundes. Selbstverständlich gilt die ganz entgegengesetzte Regel, so lange es sich darum handelt, die Widerstandskraft der festeren Decke (*cc'* in Fig. 29) zu benutzen, wie dies bei vorübergehender Belastung der Fall ist, also beim Passiren von moorigen Strecken mit Lasten (Wagen) oder auch einfach zu Fusse u. s. w. Hierbei ist es umgekehrt rathsam, eine möglichst grosse Fläche zur Unterlage zu bekommen, etwa durch aufgelegte Bretter, die, obschon an sich von kaum beachtenswerther Haltbarkeit, doch den Druck auf eine grössere Fläche vertheilen und ein Einreissen der Decke hindern. Aehnliche Wirkung sollen auch die langen Stangen haben, welche an gefährlichen Stellen von Fussgängern mitgenommen werden und sehr oft das sonst nach geschehenem Einreissen unvermeidliche Einsinken hindern.

Eine solche Vertheilung des Drucks auf möglichst grosse Flächen ist nun immer auch die Aufgabe der Techniker bei den Gründungen oder Fundamentirungen aller Bauten, bei denen ein ungleicher Druck und ein besonders starker Druck auf eine kleinere Fläche stattfindet. In festem Erdreich begnügt man sich meistens damit, eine etwas verbreiterte untere Schicht von grösserer oder geringerer Stärke unter dem Mauerwerke anzubringen und wartet dann ruhig ab, wie viel dasselbe das untere Erdreich zusammendrückt oder „sich setzt“. Hierbei wird aber selten auf die Ungleichheiten Rücksicht genommen, welche in der Widerstandsfähigkeit des Bodens sich zeigen. In dieser Beziehung sind selbst die lehrreichsten Beispiele nicht im Stande, den üblichen Schlendrian auszurotten, wie es das Schiefwerden vieler Gebäude und namentlich vieler Brückenpfeiler und ganzer Brücken, das Bersten von Mauerwerken, welche Wasserbassins, Gasometer und dergl. halten sollen, das Rissigwerden zahlloser Mauern von Wohnhäusern darthun, denen man allüberall begegnet. Die Untersuchung des Untergrundes ist eine der leichtesten Aufgaben und meist ohne grosse Kosten, oft durch einfache Erdbohrer — Löffelbohrer oder höchstens Tellerbohrer — auf die geringen Tiefen, die man meistens zu untersuchen nöthig hat, zu ermitteln. Selbst bei complicirteren Verhältnissen liefert ein einfach eingegrabenes senkrechtes Loch, höchstens ein durch ein paar Bretter und Pfähle gestütztes derartiges Loch (ein Schacht) von geringer Tiefe den nöthigen Aufschluss. Hat man nun hier ein nachgiebiges, dort ein festes Erdreich, also etwa einerseits durchfeuchteten Thon oder Torf- oder gar Moorboden, anderseits Sand oder Felsen, so ist es das einfachste, so tief zu fundiren, dass man das losere Erdreich gänzlich entfernt, wobei man nicht einmal in allen Fällen im günstigeren Erdreiche völlig so tief

sich einzugraben braucht als im ungünstigeren. Namentlich kann man festen Fels an Stelle neu anfzuführenden Mauerwerkes dreist stehen lassen und braucht nur die Grenzen horizontal (oder vielmehr parallel den Lagerfugen des Mauerwerks) herzustellen. Vergl. Fig. 31, wo ein Brückenpfeiler *a* mit angrenzender Erdschüttung *a'* auf einem ungleichen, theils aus festen Kalksteinschichten *cc'*, theils aus lehmigem Boden *bb'* bestehenden Grunde zu fundiren war, und wo nun nach *b'* zu tiefer zu graben war, bevor man auf den anstehenden Fels *c* kam, als an der andern Seite nach *b* zu. Die getreppte untere Grenze berührt überall den Kalkfelsen *cc'*, und war an der tiefsten Stelle unbedingt so tief zu fundiren, als es geschehen ist, weil man sonst das Mauerwerk dort auf einen Theil des minder widerstandsfähigen Erdreichs *b* gesetzt hätte, und ungleiches Senken desselben unausbleibliche Folge gewesen wäre. Das Stehenlassen der stufenförmigen Absätze des Kalkfelsens war dagegen eine völlig gerechtfertigte Ersparniss, da man von demselben eine gleiche Widerstandsfähigkeit, wie vom Mauerwerke, erwarten darf.

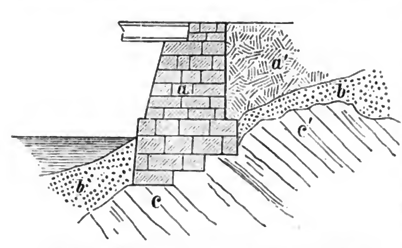


Fig. 31. Fundament eines Brückenpfeilers auf ungleichem Untergrund.

Die Schichtung hat auf die hier betrachteten Verhältnisse in den meisten Fällen nur geringen Einfluss, da es sich meist um solche Gesteins- und Bodenpartien handelt, welche mit sehr ausgedehnten tieferen Theilen der Erdrinde in Verbindung stehen. Die einzige Ausnahme bilden in der That die Fälle, wo steilere — natürliche oder künstliche — Abhänge vorhanden sind, und wo die Schichten auf diese Abhänge zu einfallen. So würde es fehlerhaft sein, ohne genaueste vorherige Versuche und Berechnungen über den Widerstand, den die Reibung auf den Flächen *BC* u. s. w. ausübt, auf einem Plateautheile, wie *AB*, der nächst einem Steilhange *AC* sich befindet und dessen Gestein mit einer auf der Linie des Hanges ausgehenden, nach derselben geneigten Schichtung (*BC*) versehen ist, ein Gebäude zu errichten. In dieser Beziehung ist bei thonigen Zwischenlagen selbst die Möglichkeit eines sehr kleinen Reibungswinkels (vergl. Fig. 28) in Betracht zu ziehen, bei steilem Einfallen aber selbst auf das festeste Gestein nicht zu bauen. Hier kommt ohnedies eine weit geringere Strecke in Wegfall, z. B. bei 45° eine der senkrechten Höhe von *A* über *C* gleiche Entfernung. Als steil aber müssen alle solche Fall-

winkel gelten, welche die gewöhnlichen Reibungswinkel des Erdreiches übersteigen, also von etwa 31^0 und besonders von etwa 38^0 an aufwärts. Diese Werthe entsprechen auch nahezu den Reibungscoëfficienten von Stein auf Stein.[1]) Auf stärkere Widerstände fest und auf die Dauer zu rechnen, ist keinenfalls rathsam.

Für die Fundamente der gewöhnlichen Gebäude mag noch erwähnt werden, dass sie oft einen nicht unerheblichen Seitenschub von innen nach aussen auszuhalten haben, der grösser ist, als der auf die Aussenmauer von aussen her ausgeübte Erddruck, welcher aber unbedingt sich da einstellt, wo diese Aussenmauern einen Hohlraum (Keller) einschliessen. Der Schub von Innen wird durch die Belastung hervorgebracht, und stellt sich namentlich ein, wenn die Kellerräume überwölbt werden. In diesem Falle wirkt der seitlich von aussen geübte Erddruck entschieden günstig, worauf wohl zu achten, da Kellergewölbe ihren Halt verlieren können, wenn jener seitliche Erd-

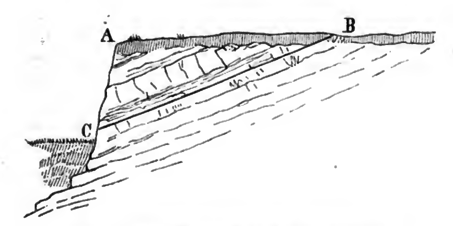


Fig. 32. Instabile Fläche an einem Steilhange.

druck — etwa in Folge von Abtrag — gemindert wird oder aufhört. Auch geht daraus hervor, dass in solchen Fällen die Seite, von welcher der stärkere Druck kommt, die günstigere ist, und zwar in um so höheren Maasse, als die günstige Wirkung sich im Verhältnisse des activen Erddruckes steigern muss. Daraus folgt, dass in diesem Falle schon geringe Differenzen im Niveau des angrenzenden Erdreiches und in der Neigung der etwa vorhandenen Schichtflächen sich fühlbar machen können.

Stellt sich das Terrain auf solche Tiefen als widerstandsunfähig heraus, dass man an ein Wegschaffen der ungünstigen Massen nicht denken kann, so treten die bekannten künstlichen Hülfsmittel in Wirksamkeit, unter welchen die **Roste** die gebräuchlichsten sind.

---

1) Der oben angegebene Werth von 0,75 entspricht fast genau einem Winkel von 37^0, der von 0,7 einem Winkel von 35^0, der von 0,67 immer noch einem Winkel von nahezu 34^0. Vgl. S. 141.

Der Schwellenrost (liegende, schwebende, Rost, Streckrost) besteht nur aus einem Gittergerüst von zwei rechtwinklig gegen einander stehenden Lagen von Balken mit einer Bohlenlage darüber, hat also den Zweck, die Last gleichmässig über den von ihm eingenommenen Raum zu vertheilen. Eine sehr ungleiche Belastung eines solchen Rostes ist unzulässig; z. B. würde die Durchführung der Balken unter einer Brücke zwischen zwei Pfeilern fehlerhaft sein, indem ein so durchgehender Balken in der unbelasteten Mitte sich emporbiegen, zugleich aber in ähnlicher Weise durch das widerstandsunfähige Erdreich emporgetrieben werden, wie die festere obere Decke desselben in Fig. 29. Beide Ursachen wirken dahin, dass die Seitentheile der Rostschwellen nicht nur sich abwärts bewegen, sondern auch an ihrer Aussenseite stärker nach abwärts biegen und eine schiefe Stellung des Rostes, folglich auch ein Ausweichen des Gemäuers aus der senkrechten Richtung unter Vergrösserung der beiderseitigen Entfernung veranlassen. Denn ein Zusammenpressen des unter dem Schwellrost belegenen Bodens findet immer statt. In Folge desselben kann auch ein Durchstechen der obersten, festeren Decke (Vegetationsdecke) nächst den Seiten des Rostes ähnlich, wie es Fig. 30 zeigt, unter Umständen nöthig oder doch räthlich werden.

Nimmt die Zusammendrückung in bedenklichem Grade zu, so hat an die Stelle des Schwellrostes der Pfahlrost (stehende oder hängende Rost) zu treten. Das Gitterwerk der Schwellen wird hier auf die horizontal abgeschnittenen Köpfe eingerammter Pfähle der Art gelegt, dass die Kreuzungsstellen auf den Pfahlkopf zu liegen kommen. Man kann aus der Last, welche die Pfähle zu tragen haben, berechnen, wie tief man jeden Pfahl einzutreiben hat, d. h. wie lange man das Niedertreiben mittels eines bestimmten Gewichtes (des Rammbären) fortzusetzen hat. Sobald der Pfahl unter einer bestimmten Anzahl von Stössen nur eine gewisse Tiefe gewinnt, steht er fest genug; setzt man darauf das Rammen eine Zeit lang fort, so dass das Eindringen unter der nämlichen Kraft auf ein noch geringeres Maass reducirt wird, so hat man die nöthige Sicherheit. Die Pfähle sind zugespitzt und dringen leicht ein, der ihnen entgegengesetzte Widerstand ist daher wesentlich nur der beim Keile wirkende nebst der Reibung, der selbst bei losem Erdreiche in Folge der grossen Länge (bis zur 24fachen Grösse des Durchmessers) eine sehr bedeutende Wirkung erlangt. Die zwischen den Pfählen liegenden Partien tragen zwar im Allgemeinen das Bauwerk nicht, werden jedoch zu mehrerer Sicherheit mit Mauerwerk, Beton[1]) oder dergl. ausgefüllt.

---

1) Vergl. darüber unten bei den Mörtelmaterialien und Steinsurrogaten.

Die Roste beiderlei Art haben den Nachtheil, dass sie in Folge der Eigenschaft des Holzes, in wechselnder Feuchtigkeit und Trockenheit rasch zu faulen, nur bei fortwährender Versenkung unter dem Wasserspiegel brauchbar sind. Kann man sie daher nicht so tief legen, so sind sie durch complicirtere Construktionen zu ersetzen. Dies sind namentlich Betonpfeiler, die man durch rasches Einfüllen von Beton oder dergl. in die durch Rammpfähle erzeugten und durch Emporziehen derselben wieder leer gemachten Löcher hervorbringt, oder eiserne Röhren, die man abwärts treibt, bis sie genügenden Widerstand finden, und mit Mauerwerk oder Beton füllt. Die Zwischenräume werden dann (statt mit der Holzconstruction des Schwellrostes) mit Mauerwerk ausgefüllt oder überwölbt. In vielen Fällen wählt man die Form nach unten convexer (umgekehrter) Bögen. Wie auf alle diese ausnahmsweisen Vorrichtungen kann hier auch nur im Vorübergehen auf die künstlichen Fundirungen ähnlicher Art (mit Eisenschächten u. s. w.) aufmerksam gemacht werden, die man da anwendet, wo ein Herstellen einer trocknen oder doch vor dem Strome oder Wellenschlage des Wassers sicher gestellten Grube zur Anfertigung des Fundamentes (mag dies nun auf gutem oder schlechtem Boden aufzuführen sein) auf dem gewöhnlichen Wege unmöglich wird. Die Schwierigkeiten, welche das Erdreich in solchen Fällen bietet, pflegen bei der grossen Tiefe solcher Fundamente nicht sehr gross zu sein und vor den übrigen zurückzutreten. Die Vorrichtungen zum Schutze gegen das Wasser werden im dritten Kapitel vorliegenden Abschnittes zu besprechen sein.

Für Gestein, das nicht ausweichen kann, kommt nur die (reine) rückwirkende Festigkeit oder Druckfestigkeit in Betracht, die sehr gross ist, so dass im Allgemeinen die Zusammenpressung nicht in Rechnung gebracht zu werden braucht. Auch wird die Bruchgrenze wohl nie erreicht, da festere Bruchsteine an 600, Ziegelsteine (vor welchen mürbe Bausteine in der Regel noch den Vorzug haben) an 100 Kilogramm à Quadratcentimeter tragen. Das Erdreich zeigt aber nach dem einmaligen Zusammenpressen und Auspressen von Wasser wenigstens überall da, wo es nicht ausweichen kann, ein ziemlich ähnliches Verhalten wie die mürben Gesteine. Vgl. Abschn. III, Kap. 1.

Das besondere Verhalten der verschiedenen Arten der durch die Erdarbeiten hergestellten Gegenstände anlangend, bedarf es nur weniger Worte. Bleibende Weg- und Eisenbahnkörper, Einschnitte wie Schüttungen, sind in der oben kurz charakterisirten Weise möglichst stabil herzustellen, zu böschen und namentlich auch (worüber später) zu entwässern. In verschiedener Lage sind die Halden und die Abtragskörper der Tagebauten, welche als Gewinnungsarbeiten auf besondere Materialien betrieben werden; denn hier schreitet die Arbeit

nothwendiger Weise stetig fort, die Böschungen der Abträge und Haldenstürze ändern sich fortwährend, und es würde eine unmotivirte Verschwendung darin liegen, wenn man denselben auch nur annähernd die Vorsorge angedeihen lassen wollte, wie den Böschungen der Erdwerke erstgenannter Art nach deren Fertigstellung. Gleichwohl sollte doch mehr Sorgfalt, als es meist geschieht, im Interesse der allgemeinen Sicherheit auf sie verwandt werden. So findet man in Steinbrüchen oft steile Böschungen ohne Schutzvorrichtungen für das Publikum, oft auch so steil abgeböschte Arbeitstellen, dass Erdrutschungen in einer den Arbeitern gefahrbringenden Weise möglich sind, wenn dieselben auch bei gehöriger Gewandtheit der Arbeitenden verhältnissmässig selten — und viel seltener, als unter dem rasch zusammengewürfelten Personale bei grossen Anlagen, namentlich Bahnbauten, — zu Katastrophen führen. Die Fundamentgruben, welche nur kurze Zeit offen zu halten, pflegt man fast gar nicht zu sichern; jedoch würde eine nachhaltige Entwässerung derselben unumgänglich nöthig sein, wenn sie nicht vorübergehenden und später von selbst wegfallenden Veranlassungen (Regengüssen, vor denen die Grube nachher geschützt ist), sondern bleibenden, in der geognostischen Beschaffenheit der Umgebung begründeten Ursachen entstammen. Das Abfangen und wirksame, auch nach Aufführung der betreffenden Werke oder Bauten controlirbare Ableiten der Quellenzüge ist hierbei ein Gegenstand, auf welchen die schärfste Aufmerksamkeit zu verwenden ist, ebenso aber ist das Beseitigen jedes Hindernisses (Anstaues) in den auf der Oberfläche befindlichen Wasserzügen dringende Aufgabe, da durch solche Anstauungen ein Einsickern des Wassers in die Tiefe ausserordentlich leicht herbeigeführt wird und, einmal entstanden, nicht immer leicht zu beseitigen ist. Hinsichtlich der Erdkörper der Strassen und Eisenbahnen muss die Anlage von Entwässerungsgräben (Parallelgräben) mit genügendem Gefälle, und in nicht zu weiten Abständen das Durchlassen des Wassers durch Brücken und Canäle (wenn diese auch da, wo kein längerer Wasserzug gekreuzt wird, nur klein sein können) als nothwendig hervorgehoben werden. Im Uebrigen lässt man das Tagewasser da, wo die Strasse oder Bahn an einem Hange liegt, sich an der Bergseite, oberhalb des Weg- oder Bahn-Planums ansammeln, und begünstigt dies auch abgesehen von den Parallelgräben durch eine Neigung des Planums gegen die Bergseite, da sonst die Kante desselben und die Böschung an der Thalseite beständiger Schädigung ausgesetzt wäre. Diese ist schon wegen der Bekleidung der Böschung mit lockerem Boden immer lästig, würde aber um so tiefer dringen, je mehr das Planum aus aufgetragenem Boden bestände und je lockerer das etwa anstehende Gestein wäre. In manchen Fällen letzter Art genügen, wie der Augenschein lehrt, nicht einmal die üblichen Sicherheitsmaassregeln. —

Die Anlage der Bohrlöcher behuf der Sprengungen wechselt im Ganzen nur wenig nach der Art des Gesteines; zu vermeiden sind Zusammenhangstrennungen, besonders solche, die auf weite Strecken in derselben oder annähernd derselben Richtung sich fortsetzen. Daher ist besondere Sorgfalt beim Bohren in zerklüftetem Gesteine anzuwenden. In geschichteten Felsen bohrt man, wenn es möglich, in der ungefähren Mitte einer grösseren Schicht möglichst parallel der Schichtfläche, wodurch man den Vortheil erzielt, das Bohrloch beliebig tief anlegen zu können. Bohrt man dagegen senkrecht oder schief zur Schichtfläche, so hat man die Länge des Bohrloches in der Art zu beschränken, dass man nicht in die unmittelbare Nähe einer Schichtfläche geräth. Das Bohren von Gruppen von Bohrlöchern in grösserer Nähe nebeneinander ist besonders dann vortheilhaft, wenn man die Schüsse gleichzeitig explodiren lassen kann; man hat daher in neuester Zeit die elektrischen Zündungsmaschinen — mannigfachster Art, sowohl durch Reibungselektricität wirkend, als durch Galvanismus mittels der üblichen Batterien, als auch durch magnetoelektrische Apparate oder Induction — in immer ausgedehnterem Maasse angewandt. Ziemlich gleichgültig ist beim Sprengen die Textur des Gesteins; denn selbst da, wo dieselbe grobkrystallinisch ist, setzt der Fels doch den Explosionsgasen genügenden Widerstand entgegen. Dies beweisen nicht nur die meisten grobkörnigen Granite, sondern z. B. auch die grobstrahligen Gypse, wie sie in Sperenberg bei Berlin und an manchen anderen Orten brechen.

Wenn für die Entfernungen der Bohrlöcher und für die Stärke der Ladung bei den gewöhnlichen Bohrungen rein durch Erfahrung die zweckmässigsten Ansätze am sichersten und besten ermittelt werden, so gilt umgekehrt für den Fall, dass man auf einmal eine grössere Menge Fels durch eine heftigere Explosion lockern will, unbedingt die Regel, dass man die Stärke der Ladung zuvor genau zu berechnen hat. Die Tiefe des Sprengheerdes, welche die Stärke der Ladung grossentheils bedingt, hat man dabei nach der Gesteinsart zu bestimmen. Bei sehr festen Felsarten giebt man ihr einen geringeren Werth, bei lockerem Gestein oder bei Erde einen grösseren. Der entstehende Sprengkegel hat, wie bei den Minen, die Form eines Drehparaboloïdes, dessen Brennpunkt eben der Sprengheerd ist. Die Aufgabe besteht darin, den Zusammenhang des Gesteins in möglichst ausgedehnter Weise zu lockern und damit der Gewinnung erleichternd vorzuarbeiten. Daher ist denn auch im Allgemeinen eine geringe Ladung vorzuziehen. Ein Emporschleudern der Gesteinsstücke ist nie von Nutzen, ein weiteres Fortschleudern selbstverständlich mit Nachtheil und Gefahr verbunden. Das weite Fliegen einzelner Steinfragmente, oft von beträchlicher Grösse, rührt jedoch

nicht immer von fehlerhaft starkem Laden her, sondern nicht selten auch daher, dass die Explosionsgase in bestimmten Richtungen weniger Widerstand finden und mit grösster Energie dort ihren Ausweg suchen. Da, wo dies von vorn herein zu erwarten, wo also Höhlen, Klüfte, Gangspalten u. dergl. in grösserer Menge vorhanden sind, oder wo sie in der Nähe der beabsichtigten Mine eine grosse Ausdehnung haben, ist das Verfahren im Grunde ausgeschlossen. Dass man den (nach den Principien des folgenden Kapitels anzulegenden) Gang zum Sprengheerde möglichst eng macht, die „Verdämmung“ oder künstliche Verschliessung desselben so ausgiebig, als thunlich herstellt, dass man ferner auch hier gern von einem Gange aus mehrere Seitengänge zu verschiedenen Sprengheerden abzweigt und diese gleichzeitig oder doch möglichst gleichzeitig explodiren lässt, sind einfache, im Grunde sich von selbst verstehende Vorschriften, die für jegliches Gestein gelten und daher hier eine specielle Auseinandersetzung nicht erheischen.

Zweites Kapitel.

Die Tunnelbauten.

Die sämmtlichen Arbeiten, bei denen eine Erddecke über dem eigentlichen Arbeitsraume bleibt, sind ausser dem Drucke von den Seiten und von unten auch einem von oben wirkenden Drucke der Erde ausgesetzt, ja, dieser Druck ist der Natur der Sache nach in sehr vielen Fällen stärker als jene. Irrig ist es, ihn als den alleinigen oder auch nur als den allein in Betracht kommenden Druck auf die unterirdischen Arbeitsräume (wie man die Eisenbahntunnels, bergmännischen Stollen u. s. w. gemeinsam benennen kann) anzusehen; irrig ist es aber auch, selbst bei grossen Tiefen und wenig cohärentem Erdreich mit geringem Reibungswinkel den Druck von unten dem von oben gleichzusetzen. Dies würde offenbar nur dann (annähernd) der Fall sein, wenn, wie in einer Flüssigkeit, die Reibung und Cohäsion völlig gleich Null und zugleich die Höhe des Hohlraumes unbedeutend gegen die Druckhöhe wäre. Hohe Grade von Cohäsion können den Druck sehr bedeutend mindern und werden es stets am meisten (mitunter wohl praktisch so gut wie gänzlich) unten thun; die Wirkung der Cohäsion nimmt dann die Seitenwände entlang nach oben zu ab, der Druck zu, und erreicht jene ein

Minimum, dieser ein Maximum im Scheitel oder in der Mitte der oberen Deckfläche. Complicirter sind die Modificationen, welche der Druck unter dem Einflusse der Reibung des Erdreiches erleidet. Nehmen wir zunächst einen unterirdischen Arbeitsraum, der Einfachheit halber kreisförmig umgrenzt, in einem (nicht cohärent gedachten) Erdreiche von 30⁰ natürlichem Böschungswinkel an (Fig. 33). Die Bögen *AB* und *OP* erleiden in diesem Falle, wenn die Linien *AF*, *PG*, *BG'* und *OF'* mit 30⁰ Neigung gegen den Horizont gezeichnet sind, wesentlich einen einseitigen Druck, der auf beide ähnlich wie der Erddruck auf Futtermauern wirkt. Zwischen *P* und *B* wirken die beiderseitigen Druckkräfte zusammen. Nächst *P* und *B* wirkt der von der entgegengesetzten Seite verschwindend klein, dagegen der von derselben Seite annähernd ebensogross wie in *P* oder *B* selbst. In der Mitte, bei *Q*, wird das Maximum der Differenz stattfinden. Die allgemeine Formel für den Vertikaldruck in *C* und *Q* würde, wenn wir den natürlichen Böschungswinkel *A* nennen, das Gewicht aber der über den bis zur Erdoberfläche verlängerten Linien *G'c* und *Gc* liegenden Erdmasse mit *S* bezeichnen, *Ssin a* sein, wogegen in *B* nur $^1/_2$ *S sin a* zur Geldung kommt, wenn wir das Gewicht des dünnen Erdprismas zwischen *GC* und *EB* und ihren Verlängerungen bis zur Erdoberfläche ausser Acht lassen. Für die Punkte

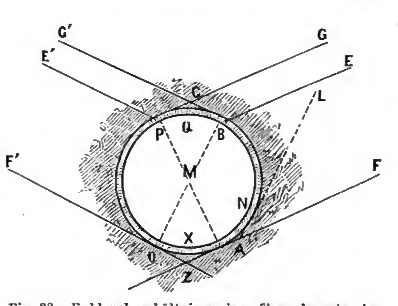


Fig. 33. Erddruckverhältnisse eines Tunnels unter Annahme der mit 30⁰ gegen den Horizont geneigten Gleitflächen *AF* etc.

unterhalb *B* kommen nun zwar immer grössere Erdmassen ins Spiel, bis dieselben in *A* ihr Maximum erreichen; es wird daher der Werth $^1/_2 S$ immer allmählig etwas grösser. Dagegen wird aber (wie bei Futtermauern, wo unter den oben auseinandergesetzten einfachsten Verhältnissen der Angriffspunkt zu $^1/_3 h$ über dem Fusse lag) der Hebelarm und somit das Moment der Kraft mit der Abnahme der Höhe geringer. Diese Abnahme erstreckt sich nicht nur bis *A*, sondern bis *X*; denn erst in diesem einen Punkte wird die Höhe des Hebelarmes = 0, und dieser Umstand erklärt das Vorhandensein eines Auftriebes von Erdmassen auch in *X*, sobald dieselben nachgiebig (plastisch oder halbplastisch in Folge Thongehaltes) genug sind, um dem Seitendrucke folgen zu können. Allein unterhalb *A*

findet noch eine raschere Abnahme des Druckes statt, als oberhalb A, indem hier die von der entgegengesetzten Seite anstrebenden Druckkräfte dem Drucke entgegenwirken, nicht ihm helfen, wie zwischen B und P. Dasselbe gilt selbstverständlich von der anderen Seite. Zu Null wird trotz dieses des Entgegenwirkens der Druckkräfte der anderen Seite, von F' her gegen die in FA, von F her gegen die in $F'O$ wirkenden Kräfte, der Gesammtdruck immer nicht. Es liegt auf der Hand, dass diese allgemeinen Betrachtungen, welche für die hier anzureihenden geologischen Betrachtungen unbedingt genügen, durch Einführung einer anderen Gleitfläche, wie z. B. durch die Begrenzungslinie NL mit 30⁰ Neigung gegen die Vertikale oder in der Richtung der Grenze des Prismas vom grössten Drucke für obigen Böschungswinkel, nicht im Principe geändert werden. In diesem Falle würde die Masse, welche den Druck ausübt, geringer, die Intensität der Wirkung aber grösser, die Wirkung selbst ein Maximum sein. Dagegen tritt eine sehr wesentliche Modification ein, sobald, wie dies für alle praktischen Zwecke nothwendig und ganz besonders im vorliegenden Falle von Wichtigkeit ist, auf die Cohäsion Rücksicht genommen wird. Der Winkel, in welchem thatsächlich die Einsturzkörper sich ablösen, wächst wie in Fig. 22 und zwar im vorliegenden Falle im Allgemeinen noch in bedeutenderem Grade. Die Höhe von c unter dem Erdboden ist eben in der Mehrzahl der hier in Betracht kommenden Fälle sehr gross, daher fast immer ein überhängender Ast der Curven, wie ac, sich zeigen wird. Der Einsturzkörper wird, wie in den früher betrachteten Fällen, nie durch grade Linien, wie OF' und AF in Fig. 34, begrenzt sein (wobei der Raum $F'F$ dem Tunnelraum gleich werden müsste); vielmehr muss die Cohäsion nothwendiger Weise jene Linie nach der Mittellinie VZ krümmen. Die Folge davon ist, dass bei etwas grösserer Tiefe von C unter V diese Curven sich unterhalb V treffen und die Form $OT'W$ und ATW annehmen müssen. Ein einfaches Experiment vermag diesen Satz zu beweisen. Wenn man ein rundes Loch in horizontaler Richtung in nicht zu festes Erdreich stösst, die Dimension des Loches nicht zu gross und die Höhe (CV) unter der Erdoberfläche nicht zu gering wählt, so fällt von der oberen Seite der Wand Erdreich nach, allein nur auf eine geringe Erstreckung, und die obere Umgrenzung bekommt eine Gestalt ähnlich wie $ATWT'O$.

Dies Verhalten ist wichtig für den Fall, dass ein unterirdischer Arbeitsraum tief unter der Erde liegt. Denn in diesem Falle nimmt der Druck der Erdmassen auf denselben nicht im Verhältnisse der Tiefe, ja auch nicht annähernd im Verhältnisse derselben zu. Vielmehr bleibt er schliesslich, nachdem der Punkt W einmal unterhalb der Erdoberfläche belegen, bei gleicher Beschaffenheit der Erde gar nicht mehr zu. Auf diese Weise kann es sich sehr leicht ereignen,

dass in tieferen Tunnels die Druckkräfte gradezu geringer sind, als in minder tiefen, da die Cohäsion des Erdreiches in der Tiefe häufig zunimmt, und damit erscheint die Vorliebe der Techniker für tief unter der Oberfläche der Erde befindliche Tunnels vollständig motivirt. Zugleich sieht man, dass flach unter der Erde befindliche Tunnels sich sehr ungünstig verhalten können, und dass namentlich bei starker Belastung des Erdreichs (bei den unterirdischen Bahnzügen durch Städte) ganz ausserordentliche Vorkehrungen zum Schutze des über den Tunnels befindlichen und des benachbarten Terrains erforderlich werden können. Läge in Fig. 34 die Erdoberfläche nicht in *W*, sondern in *TT'*, so ist leicht ersichtlich, dass hier noch ein grosser Theil der Erdoberfläche sammt allen darauf befindlichen

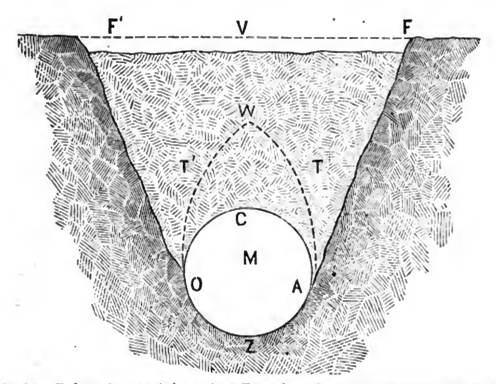


Fig. 34. Erddruckverhältnisse eines Tunnels unter Rücksicht auf Cohäsion.

Gegenständen, Gebäuden, zufälligen Belastungen, auf den Tunnelraum drücken müsste. Diese Belastungen aber haben unbedingt Einfluss auf die Gestalt der Curven *ATW* und *OT'W*, und zwar in der Art, dass bei Zunahme der Belastung in oder neben *V* der Punkt *W* nach aufwärts gerückt werden müsste. Dadurch aber würde die Länge *TT'*, welche von den Curven *ATW* und *OT'W* auf der Erdoberfläche abgeschnitten wird, wiederum vermehrt werden.

Dass die lockere Beschaffenheit von Gestein und Erdreich, welche in solchen Fällen häufig angetroffen wird, der Hauptfactor für den verhältnissmässig grossen Schaden ist, den flache Tunnels verursachen, versteht sich von selbst. So haben die Londoner subterranean railways vielfach Risse in den Wohnhäusern, Instabilität derselben, Einsturz von Theilen

der Strassen sammt anliegenden Gebäuden veranlasst, während ein Gleiches bei dem in granitischem Gesteine angelegten Tunnel unter dem Heidelberger Schlossberge durchaus nicht der Fall war. Ueberhaupt ist die Gesteinsbeschaffenheit hier noch von durchschlagenderer Bedeutung, als selbst bei den Erdarbeiten, welche zu Tage gemacht werden, und dem entsprechend sind auch die Verschiedenheiten im Verhalten der unterirdischen Räume nach den Gesteinsunterschieden noch erheblich grösser. Hält man sich zunächst an die normalen Fälle, in denen weder eine Zerklüftung, oder ein zu geringer Reibungswinkel auf den Schichtflächen, noch eine Durchfeuchtung und Wasseransammlung in und zwischen dem Gesteine oder Erdreiche vorkommt, so verhalten sich die festen krystallinischen Gesteine, sowohl die massigen als die geschichteten, überaus günstig, und man hat in ihnen demzufolge oft eine künstliche Stützung der unterirdischen Arbeitsräume gar nicht nöthig, wenn man denselben nur eine zweckmässige, der Linie *ZATWTO* in Fig. 34 sich annähernde und namentlich an der oberen Seite oder First gewölbte und nicht in zu grosser Breite abschliessende Form giebt. Dies gilt nicht blos von den kleineren Räumen, welche in Bergwerken oft auf weite Längserstreckung ohne künstliche Stützung vorgetrieben werden können, oder von den Felsenthoren, die man für schmale Communikationswege sprengt, sondern auch von geräumigeren Höhlungen, z. B. von Anlagen, wie die Gallerien von Gibraltar und zuweilen auch von Eisenbahntunnels, selbst von solchen, welche zweigleisig und folglich in der Weite von etwa 8 Metern anzulegen sind. Wichtig sind diejenigen dieser Arbeitsräume, bei welchen nur eine geringe Höhe festen Gesteins über dem Scheitel und dennoch vollkommene Sicherheit vorhanden ist, indem sie zeigen, wie niedrig die Höhe des Punktes *W* (Fig. 34) über dem Scheitel des offenen Raumes ausfallen kann. Besonders kennt man an der englischen Meeresküste von Cornwall und Cumberland Minengänge, tief ins Meer hineingehend und tief unter dem Meeresspiegel, die nur einige Meter Gestein über sich haben; bei 5 Metern hat man daselbst noch kein Eindringen von Seewasser bemerkt, wohl aber bei noch geringeren Höhen des Gesteins über dem Raume künstlichen Abschluss nöthig gefunden. Doch soll selbst bei 1,2 Meter Mächtigkeit des Gesteins ein einfaches Verstopfen der Fugen ausreichend gewesen sein. Ganz im Uebereinstimmung hiermit steht das Vorkommen oft ziemlich weiter natürlicher Höhlungen in festem, besonders in krystallinischem Kalke, auch in Gypsfelsen, sowie in anderen krystallinischen Gesteinsarten, z. B. der griechischen Inseln.

Ist die Weite des Raumes eine zu grosse im Verhältniss zur Cohäsion des Gesteines, so folgt Einsturz, und es ist zu beachten, dass man dem Einsturz der Decken natürlich entstandener Höhlungen gewisse geologische Erscheinungen (Erdfälle) unbedingt zuschreiben

muss, ja dass man nicht ohne Wahrscheinlichkeit noch wichtigere und mächtigere Phänomene, die Erdbeben, auf gleiche Ursache zurückzuführen versucht. Die Mittel gegen solchen Einsturz sind wesentlich zweierlei Art: 1) man vermindert die Weite, bis zu welcher sich die Decke zu tragen hat, durch Stehenlassen von Gesteinspfeilern im Innern des Raumes, und 2) man bringt künstliche Vorrichtungen an, welche die Haltbarkeit der Decke vermehren. Das erste Mittel wird in manchen Fällen, wo geschichtete Gesteine von ziemlicher Festigkeit und Cohäsion in grösserer Ausdehnung — den Schichten entlang — ausgebeutet werden, mit Erfolg angewandt; insbesondere dann, wenn der Werth der stehengebliebenen Massen kein aussergewöhnlich grosser, und wenn die Höhe des Raumes eine beträchtliche ist. Als Beispiele davon können namentlich Steinsalzwerke (Wieliczka, Bochnia) angeführt werden, in denen häufig solche „Bergvesten" das Hangende stützen, ferner auch die Sandsteinpfeiler, welche in den bergmännisch betriebenen Brüchen auf den mitteljurassischen Sandstein der Porta westphalica ausgespart bleiben. Indessen arbeitet man auch in viel stärker geneigten Gängen mit solchen „Bergvesten", die im Allgemeinen annähernd rechtwinklig auf den Gangflächen stehen bleiben, wie im Schichtgebirge annähernd rechtwinklig auf den Schichten. In letzterem Falle hat man noch Sorge zu tragen, dass über der Decke (der First) des Hohlraumes genügende Mengen festen Gesteines ausgespart bleiben, falls — wie z. B. in jenem Falle des Portasandsteines — die nächsthöheren Schichten nicht die nämliche Cohäsion und Widerstandskraft haben. Die Form der Decke ist auch hier gewölbartig anzulegen, so dass zwischen je zweien der Pfeiler die grösste lichte Höhe erreicht wird, nach den Pfeilern zu die Deckenfläche sich allmählig senkt.

Von künstlichen Vorrichtungen ist das Ausfüllen mit dem werthlosen Theile gewonnener Massen — mit den „Bergen" oder dem unhaltigen Gestein — beim Bergbaue zunächst zu erwähnen, das die ursprünglichen (ungeritzten) Massen zu ersetzen hat. Diese „versetzten" Massen sperren selbstverständlich den Raum und sind daher unanwendbar, sobald derselbe frei zu halten ist, oder doch soweit er offen gehalten werden muss. Sie sind in vielen Fällen auch da, wo das nutzbare Gestein in grosser Menge vorhanden, noch völlig genügend, um die Strecken auszufüllen, da im Allgemeinen das Auflaufen hier noch bedeutender ist, als bei den ausgedehnteren Erdarbeiten zu Tage. Die Zerkleinerung der sehr festen, grossentheils durch Schiessen gewonnenen Gesteine ist eine sehr unregelmässige, unvollkommene, die Bruchstücke legen sich daher noch schlechter aneinander; auch ist der Druck, der auf die Bergschüttungen wirkt, immer nur ein geringer. Es wird in Folge dessen

eine Volumvermehrung von einem Drittel bis zur Hälfte, bei sehr festem und daher auch sehr unregelmässig brechendem Gesteine sogar bis zum vollen Betrage der ursprünglichen Masse und selbst darüber angegeben. Vermuthlich ist dies etwas übertrieben; jedenfalls aber ist daraus zu ersehen, dass auf ein beträchtliches Auflaufen zu rechnen ist. Das Auffüllen der Hohlräume mit gewonnener Masse, mit dem Versatz, hat selbstverständlich den Vortheil, dass es den Transport der Berge ersparen macht.

Die weitaus gebräuchlichste Vorrichtung ist wohl die mittels irgend einer Holzconstruktion, die Zimmerung. Wenigstens ist sie in allen Fällen, in denen die unterirdischen Räume (Stollen, Strecken) nicht auf sehr lange Zeit offen gehalten werden sollen, das Hauptmittel, und war lange Zeit auch für die Anlage der Eisenbahntunnels das einzige Mittel, die Arbeiten einzuleiten. Die Zimmerung besteht in Anlage einzelner Rähme, die in einfachster Form, der des Gevieres, aus zwei vertikalen „Stöcken“, einer horizontal übergelegten „Kappe“ und einer im unteren Theile ebenfalls horizontal zwischengetriebenen „Spreize“ bestehen. Bei grossen Räumen, z. B. den voll ausgearbeiteten Tunnelräumen, sind mehrere solcher Rähme neben einander nöthig. Man verstärkt dann die Theile des Gevieres und spreizt von demselben nach verschiedenen Systemen neue Rahmstücke ab, wobei man der Ersparniss halber oft eine Zeit lang eine „Bergveste“ im unteren, mittleren Theile des Tunnelraumes herstellt. Nicht selten treibt man auch getrennte Arbeitsräume weiter, einzelne Stollen, und unterscheidet den Firststollen, den Sohlenstollen und die Seitenstollen. Die Rähme (Geviere etc.) werden in Reihen und je nach der Festigkeit des Gebirges in mehr oder weniger grossen Abständen gesetzt; über die Kappen je zweier derselben legt man Langhölzer (Pfähle), die also das Firstgestein direkt stützen; auch kann es nöthig werden, ähnlich an den Seiten zu verfahren. In sehr brüchigem Gebirge, wo der „Ort“, die Stelle, bis zu welcher die Arbeiten gediehen sind, zusammenbrechen würde, bevor ein Geviere eingezimmert werden kann, treibt man (mit Hülfe eines äusseren, nur aus starken Bohlen gebildeten Gevieres über dem ursprünglichen, das man die Pfändung nennt) schräg nach aufwärts zugespitzte Pfähle vor, unter deren Schutze man dann das neue Geviere aufstellt, wobei es überdies noch nöthig werden kann, dass man die Pfähle provisorisch durch ein Hülfsgeviere stützt. Bei den geringen Dimensionen der bergmännischen Stollen und Strecken, welche übrigens auch noch im dritten Abschnitte zu erwähnen sein werden, sind erhebliche Störungen oder Unfälle selten oder nie zu befürchten. Die Wasserquanta sind sehr bedeutend; zu ihrem Ablassen dient der Raum unter den Schwellen (Wasserseige), während der obere zur Förderung dient (befahren

wird), und zwar leitet der Stollen das Wasser entweder in offene Gräben (Röschen), in denen es weiter fliesst, oder in tief im Bergwerk gelegene Gruben (Sümpfe), aus denen es ausgepumpt wird. Eine Durchfeuchtung ist wohl nie in solchem Grade vorhanden, dass ein Empordrängen der Sohle, der einzigen nicht direkt geschützten Seite, zu befürchten wäre; dagegen tritt dieser Fall bei den Eisenbahntunnelbauten nicht ganz selten ein, indem hier nicht nur der Raum, daher auch schon an und für sich die Summe von Druck, bei weitem grösser, sondern in vielen Fällen auch die Beschaffenheit der Erdmassen eine weit ungünstigere ist. Da nun First und Seiten durch die Zimmerung geschützt sind, so kann, falls der Widerstand des Gesteines zur Offenhaltung des Tunnels überhaupt nicht genügt, nur ein Eindrücken der ganzen Construktion in den Untergrund die Folge sein; die untere Erdmasse steigt daher in den Raum hinauf, und zwar in um so höherem Grade, je mehr sich die Beschaffenheit des Bodens der Plasticität der thonigen Erdarten nähert. Es hat sich in solchen Fällen ereignet, dass First und Boden immer näher aneinander gebracht sind; man hat gradezu den Tunnel aufs Neue herstellen müssen, und dies unter viel ungünstigeren Verhältnissen, da das lockere (gebräche) Gestein oder der halbfeste Boden nun ferner durch die Bewegung gelockert war. In Folge davon ist es als fehlerhaft zu bezeichnen, wenn man in wenig cohärenten Boden- und Gesteinsarten nicht auch nach unten eine Sicherung von vornherein herstellt, etwa durch besondere Hölzer, die man den Füssen der Thürstöcke unterzieht, oder durch Sicherung der Schwellen gegen den Druck von unten, verbunden mit Unterziehen von Pfählen auch an dieser Seite nebst Anlage eines noch tieferen Raumes für den Wasserabzug.

Die sämmtlichen Holzconstruktionen haben den Fehler, dass sie in druckreichem Gebirge nachgeben, d. h. dass die Hölzer, bei welchen die (beim Holze günstig sich verhaltende und daher bei allen Holzconstruktionen hauptsächlich in Anspruch genommene) rückwirkende Festigkeit in Betracht kommt, mit der Zeit diese zum Theil einbüssen und nachgeben. Dies geschieht besonders durch das sogenannte Federn, d. h. durch das Auseinandergehen der Holzfasern an den Enden, welches durch die in den unterirdischen Räumen stets vorhandene Feuchtigkeit in hohem Grade befördert wird.

Seit längerer Zeit war man deshalb darauf bedacht, die Holzconstruktionen durch Eisenconstruktionen zu ersetzen, zuerst (1834 beim Themsetunnelbau durch Brunel) für besonders ungünstige Fälle, später (seit 1864 durch Rziha) in methodischer, auf alle besonderen Fälle anwendbarer Weise. Sowohl die ersten Anlagen der Stollen für Eisenbahntunnels (die sogenannten Richtstollen), als die gewöhnlichen Stollen werden danach aus Rähmen hergestellt, die ein-

fach aus eisernen Trägern von dem bekannten Querschnitte ähnlich einem lateinischen **I** oder auch aus unbrauchbar gewordenen Bahnschienen gebogen werden. Da die Länge einer Schiene für den ganzen Rahmen nicht ausreichen würde, so findet eine (doppelte) Verlaschung zweier Schienen statt. Die Eisenträger werden stets an der First in Bogenform gestellt, erforderlichen Falls auch seitwärts und, wenn eine untere Stützung nothwendig, nach unten in geringerem Grade gebogen. Man hat selbstverständlich es völlig in der Hand, welche Gestalt und Grösse man nun dem inneren Raume geben will; ein Absteifen ist nie erforderlich, die Weite kann unbedingt auf 2—3 Meter wachsen, und die Beschaffenheit des Gesteines macht nur eine grössere oder geringere Nähe der Rähme nöthig. Hat man nun mittels eines Richtstollens oder auch mehrerer solcher paralleler Stollen, etwa First- und Sohlenstollen, oder auch des ersteren und zweier seitlicher Stollen, und den nöthigen Ausweitungen das volle Profil auf eine kleine Strecke ausgearbeitet, so werden die sämmtlichen im Inneren des Raumes befindlichen Constructionstheile durch einen Bogen aus gusseisernen Wölbstücken (vergl. Fig. 39) ersetzt. Dieser versieht die Stelle des Lehrbogens für das gleich zu erwähnende Tunnelgewölbe; an seiner Aussenseite ist daher ein ringförmiger Hohlraum — successiv und particweise — auszuarbeiten, der in derselben Weise wie die Stollen durch gebogene Träger provisorisch offen gehalten wird. Für den Raum von etwa 4 der nachherigen Wölbsteine dient in der Regel ein Rahmen; diese Rähme vertreten daher die Stelle der Pfähle, welche bei den sonstigen Systemen (auch dem Brunel'schen Eisenbau) vorgetrieben werden müssen, und sind, da man sie leicht durch Keile (etwa Sandbüchsenkeile, die dann durch Auslaufenlassen des Sandes gelockert werden) festigen und durch deren Entfernen loslösen kann, leichter und besser zu handhaben, falls man nur Sorge trägt, die Arbeit vor Ort nicht zu weit ohne Stützung durch solche Rähme vorzutreiben. Die gusseisernen Bogenstücke haben nun zwar den Nachtheil, dass sie nur für eine bestimmte Bogenform passen; da aber doch für die Eisenbahntunnels in den meisten Fällen eine bestimmte, conventionelle Bogenform nicht nur möglich, sondern sogar wünschenswerth ist, so wiegt der darin liegende Nachtheil die grossen Vortheile grade

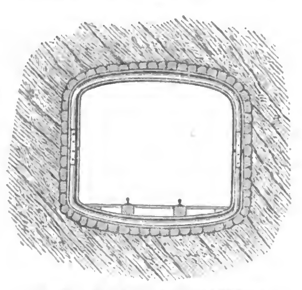
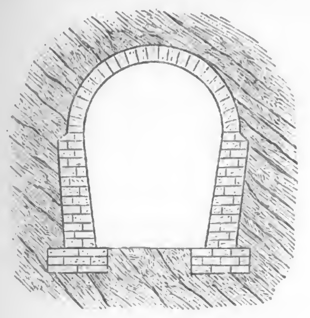


Fig. 35. Stollen mit Eisenstützung.

dieser Construction keineswegs auf. Unter den Vortheilen derselben sind der freie Arbeitsraum und der hohe Grad von Sicherheit hervorzuheben, ersterer namentlich im Vergleiche zu jeder sonstigen Holz- und selbst Eisenconstruction. Wäre für ausnahmsweise ungünstige Druckverhältnisse eine Aenderung der Bogenform (eine steilere und eine höhere Form der Umfassung etwa für oben stark belastete, flach unter der Erdoberfläche liegende Tunnels) nöthig oder wünschenswerth, so würde ein Ersatz der Gusseisenwölbstücke oder eines Theils derselben durch andere ohnedies keine sehr bedeutenden Mehrkosten veranlassen. Ob der eiserne Lehrbogen auch nach unten erforderlich, hängt von denselben Umständen ab, welche schon bei den provisorischen Anlagen ein Fehlen oder ein Zufügen der Sicherung nach unten bedingten. Im Allgemeinen darf nur in wirklichem Felsen daran gedacht werden, auf das Gestein selbst, vielleicht auf Keile, oder auf einfache, an den unteren Ecken des Hohlraumes anzulegende Fundamente die Schienenenden der provisorischen Rähme (die dann auf der unteren Horizontalstrecke offen sein würden) und die Enden der Gusseisenbögen aufzusetzen. Sobald eine mergelig-thonige Beschaffenheit des Bodens, eine allzu gebräche, etwa locker-schiefrige Beschaffenheit der in Frage kommenden Schichten sich zeigt, ist auch der gusseiserne Bogen, wenn auch in flacherer Form, nach unten zu schliessen.

Ganz dieselben Principien sind bei der Beurtheilung der Frage anzuwenden, ob die definitive Stützung der Stollen, Tunnels u. s. w. durch Mauerung eine geschlossene Form haben muss, oder ob sie nach unten offen sein darf. Für die gewöhnlichen Stollen hat man hier die beiden Fälle der Scheibenmauerung (Fig. 36) und der elliptischen (runden) Mauerung; jedoch ist letztere selten voll elliptisch, sondern meist mit flacherem Sohlenbogen versehen (Fig. 37). Es liegt auf der Hand, dass man durch geringe Aenderungen dieser Querschnittsformen jedem Drucke des Gebirges schon in hohem Grade begegnen kann, und ausserdem giebt die Vermehrung der Mauerstärke stets Mittel an die Hand, auch ohne Herstellung unsymmetrischer Räume einem Drucke zu begegnen, der etwa von der einen Seite, namentlich im Schichtgebirge von der Seite, an welcher vom Tunnel ab die Schichten ansteigen, erheblich stärker wäre, als von der anderen. Im Allgemeinen wird nur in druckreichem Gebirge ein so grosser Unterschied stattfinden können, dass er praktisch berücksichtigt werden müsste. Dass eine stärkere Krümmung der Wölblinie auch ohne Aenderung der Wölbstärke eine Verstärkung herbeiführt, ist selbstverständlich; daher die Curven, in welchen die Wölbung aufzuführen ist, zweckmässiger Weise — namentlich an der First — nicht zu flach zu wählen sind. Es wird vielmehr stets eine Hauptaufgabe der Tunnelingenieure sein, die Raumersparniss,

die bei gegebener Weite und bei gewissen innezuhaltenden Höhenpunkten immer eine möglichst flache Construktion erheischt,



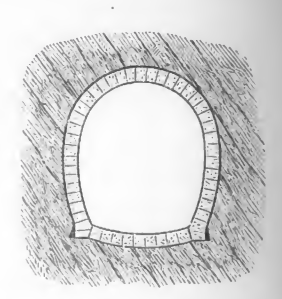


Fig. 36 und 37. Stollenmauerung.

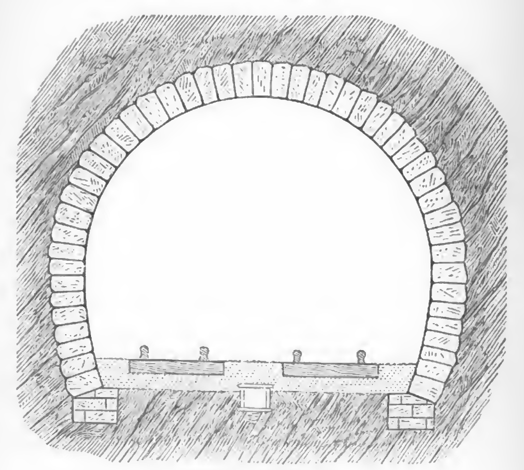


Fig. 38. Bahntunnel.

mit der Rücksicht auf Herstellung eines möglichst starken Gewölbes ohne zu grosse Materialverwendung in der zweckmässigsten, billigsten Weise zu verknüpfen. Fig. 38 stellt einen in solcher Weise con-

struirten Bahntunnel vor, bei welchem nur eine mässige Wölbstärke und kein Sohlenbogen erforderlich ist; Fig. 39, in welchem die eisernen Wölbstücke des Lehrbogens eingezeichnet sind, giebt die übliche Form eines allseitig ummauerten Tunnels; erstere entspricht folglich demselben Falle, wie Fig. 36, letztere dem von Fig. 37, auch Fig. 35.

Von den abnormen Verhältnissen sind zunächst die Zusammenhangstrennungen der Gesteine ins Auge zu fassen. Wie die Cohäsion

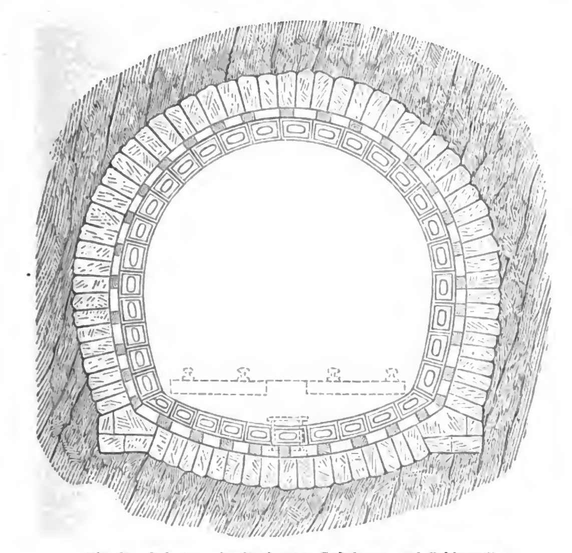


Fig. 39. Bahntunnel mit eisernen Lehrbogen und Sohlenzelle.

der Gesteine und Bodenarten bei Tunnels von noch grösserem Belange war, als an der Erdoberfläche, so gilt dies folgerichtig auch für die Störungen derselben. Ein Rückblick auf Fig. 34 genügt, um zu zeigen, dass selbst eine sehr steile Verwerfungsspalte eine ausserordentliche Zunahme des Druckes hervorbringen muss. Denkt man sich in der Richtung *AF* der genannten Figur eine Zusammenhangstrennung, so wird das Abgleiten diese Linie entlang und nicht auf der (unter Einfluss der grade jetzt fehlenden Cohäsionskraft gebildeten) Linie *ATW* erfolgen. Daher muss der Druck ein sehr viel

grösserer werden. Fände, wie es meist der Fall ist, nur in dieser einen Richtung, nicht zugleich in OF' eine solche Cohäsionstrennung statt, so müsste selbstredend der Druck ein ungleicher, die Seite des Tunnelraumes ZAC beträchtlich stärker belastet werden, als die Seite ZOC. Die Curvenhälfte $ZOT'W$ muss sich ferner über den Scheitel W nach denselben Gesetzen verlängern, bis sie entweder die Linie AF oder, was im Allgemeinen der häufigere Fall sein möchte, die Erdoberfläche trifft. Nebenstehende Figur 40, bei welcher die nämlichen Buchstaben, wie bei Fig. 34, gebraucht sind, giebt

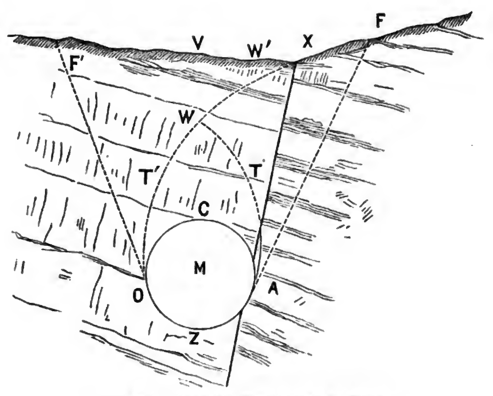


Fig. 40. Druck auf Tunnels bei Klüftung.

eine Darstellung dieses Falles. Der Punkt, wo die letztgenannte Curve zu Tage tritt, ist W'; der Druckkörper auf die Seite ZAC ist daher um die Masse $TWW'X$ vermehrt, also um eine unter Umständen sehr ansehnliche Masse. Die Seite ZOC ist nicht wesentlich geändert; nur der Scheitel und der ihm nächstliegende Theil des Umfanges ist stärker belastet, das Maximum des Druckes aber doch seitwärts von C etwas nach A hin gerückt.

Solche den Zusammenhang der Gebirgstheile aufhebende Linien sind daher mit grosser Sorgfalt zu ermitteln. Für denjenigen, welcher die geognostische Beschaffenheit einer Gegend nicht in das feinste Detail verfolgt, sind sie nicht immer von Wichtigkeit, nämlich dann nicht, wenn die Sprunghöhe eine unbedeutende ist. Auch ist die Zahl derartiger Verwerfungslinien namentlich im älteren geschichteten Gebirge — in Deutschland z. B. auch ausserhalb der Hochgebirge

im Rothliegenden, Zechstein, Buntsandstein, Muschelkalk, Keupermergel und Keupersandstein — so gross, dass es kaum eine lohnende Arbeit sein würde, alle diejenigen solcher Spalten in einer geologischen Kartirung ganz speziell darzustellen, welche nicht so bedeutend sind, um die Grenzen der Formationen zu verrücken und auf den Karten zum Ausdrucke zu kommen. Es ist aber für den Druck völlig gleichgültig, wie gross die Sprunghöhe ist; die Lösung der Cohäsion ist vollkommen hinreichend, um das hier in Betracht gezogene abnorme Verhalten herbeizuführen. Allerdings kann immer noch eine gewisse Verschiedenheit obwalten; es kann nämlich eine Spaltfläche, wie AX, rauh sein und bedeutende Reibungswiderstände veranlassen, oder aber glatt, sodass die Reibung nur unbeträchtlichen Widerstand leistet. Aber auch dies steht zu der Sprunghöhe in keinerlei Verhältniss. Es würde sogar eine Zusammenhangstrennung ohne alle Verwerfung die nämlichen Resultate haben können, wie eine Verwerfung mit grosser Sprunghöhe; solche Spalten ohne Verwerfungen sind indess selten und meist wenigstens geringe Niveaudifferenzen vorhanden. Ueberall, wo es sich um praktische Fragen handelt, sind alle solche Trennungsflächen mit grösster Genauigkeit aufzunehmen und in den Profilen zu verzeichnen, da ohne sie die wirklich vorhandenen Druckverhältnisse nicht zu ermitteln sind. Namentlich aber ist die Verbindung der abnormen Zusammenhangstrennungen mit der Durchfeuchtung sehr wichtig, und ist besonders hervorzuheben, dass die letztere durch jene oft in hohem Grade befördert und in die Tiefe verbreitet wird.

Dass im ungeschichteten Gebirge die Spalten, wenn sie in annähernd ebenen Flächen auf längere Strecken fortgehen, ganz ebenso wirken können und müssen, wie im Schichtgebirge, ist selbstverständlich, und nur der Umstand, dass hier öfter Rauhigkeiten, Vorsprünge und Richtungsänderungen doch den Druck wieder mindern, möchte hervorzuheben sein. Sind die Gänge in irgend welchem Gesteine durch Erze und Gangarten ausgefüllt, so ist der Zusammenhang oft wieder vollkommen hergestellt, oft aber durchaus nicht, und erheischt daher dieser Fall stets eine besondere Untersuchung. Das Vorhandensein von einem Spiegel weist stets auf letzteren, innige Verschmelzung von Gang und Nebengestein auf ersteren Fall.

Die Schichtflächen können nicht in minderem Grade, als die Verwerfungsspalten, den Zusammenhang der Gesteine trennen; sobald einmal eine, wenn auch noch so geringe, Abrutschung auf denselben erfolgt ist, findet kein Unterschied zwischen dem Verhalten von beiderlei Flächen statt. Solche Abrutschungen finden sowohl bei steilen, als bei flachen Einfallswinkeln statt, bei letzteren allerdings nur in dem — im vorigen Kapitel mehrfach berührten — Falle, dass der Reibungscoëfficient (Reibungswinkel) sehr klein, die Fläche glatt und feucht (mit gleitender Thonlage versehen) ist. Allein auch dann,

wenn solche Rutschungen oder Zusammenhangstrennungen noch nicht erfolgt sind, findet sich auf den Schichtflächen stets ein geringerer Zusammenhalt der Gesteine, als zwischen denselben, und somit nähern sich die Verhältnisse des Druckes immer in gewissem Grade denen, welche bei wirklicher Aufhebung der Cohäsion eintreten. Da nun jede Minderung des Widerstandes, also auch die Entfernung eines gewissen Theiles der Erdmassen, aber auch jede Zunahme der Anfeuchtung wenigstens bei thoniger oder zum Theil thoniger Beschaffenheit derselben im Stande ist, eine wirkliche Trennung herbeizuführen, so ist offenbar für die nöthige Sicherheit nur dann gesorgt, wenn man den Zusammenhang den Schichtflächen entlang als aufgehoben ansieht. Ausnahmen davon können nur solche Gesteine machen, welche trotz geschichteter Struktur eine beträchtliche Cohäsion besitzen, wie z. B. manche Gneisse und dergl. Sehr steil einfallende Schichten geben daher im Allgemeinen ganz die nämlichen Verhältnisse, wie sie Fig. 40 darstellt. Bei flacheren Schichten wird in grösseren Tiefen der Fall des Gleitens verhältnissmässig sehr selten eintreten können; ist er zu befürchten, so ist die gleitende Schichtfläche als die wirkliche Trennungsfläche anzusehen, auf der nun, abgesehen von der bedeutenden Abnahme der Kraft, welche durch die schiefe Ebene bedingt ist, auch noch die bedeutende Vergrösserung des Reibungswiderstandes hinzukommt. Die Berechnung ist im Wesentlichen dieselbe, wie die für Fig. 28 des vorigen Kapitels mitgetheilte, und braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass die etwa sich aus derselben als nothwendig ergebende Verstärkung der Tunnelausmauerung nur für die eine Seite nothwendig ist. Bei steilen Trennungsflächen kommt zu der einseitigen Verstärkung die des Scheitels hinzu.

Die Durchfeuchtung, welche, wie erwähnt, nicht selten ihre ungünstige Wirkung mit der der Zusammenhangstrennungen vereint, rührt in der Mehrzahl der Fälle von unterirdischem Wasser her, das sowohl in Gestalt von Quellenzügen auftreten kann, als in der einer allgemeineren Durchfeuchtung stark wasserhaltigen Erdreichs, wie z. B. der thonigen Keupermergel, der Liasschiefer und dergl. mehr. Quellenzüge sind im Ganzen leichter abzuleiten; die Wasserhaltigkeit des Bodens in grösserer Tiefe aber kann in den meisten Fällen weder beseitigt, noch erheblich vermindert werden. Der Tunnel muss also die aus der Gewichtsvermehrung und Reibungsminderung, sowie der Cohäsionsminderung (denn der Punkt, bis zu welchem die Cohäsion vermöge der Anfeuchtung zunimmt, ist in der Regel bei dem wasserreichen Gebirge längst überschritten) hervorgehende Druckzunahme auszuhalten im Stande sein und danach oft ungewöhnlich stark und hier wohl stets mit Sohlengewölbe versehen sein. Wenn die Durchfeuchtung durch Regengüsse vermehrt wird, so wirkt dies oft sehr

langsam in die Tiefe weiter; in sehr grossen Tiefen kommt eine solche Zunahme kaum noch in Betracht, dagegen um so öfter bei oberflächlich angelegten Tunnels und ganz besonders häufig bei den Tunneleingängen (Voreinschnitten der Tunnels). Sobald unzweckmässige oder keine Vorrichtungen zum Entwässern des Terrains neben diesen Tunnelportalen getroffen sind, zieht hier die atmosphärische Feuchtigkeit begierig in die Tiefe, und wenn Spalten des Gesteins hinzukommen, so werden die Vorrichtungen, welche dem gewöhnlichen Erddrucke durchaus gewachsen waren, unzureichend. Die Hölzer der Geviere geben nach, die Enden der Pfosten „federn" und drücken sich ein, die Kappen biegen sich nach abwärts, und ist nun wiederum durch dieses Nachgeben der Hölzer der Zusammenhang der darüberliegenden Gesteins- oder Erdschichten gelockert, so wird der Druck noch ferner vergrössert. In solchen Fällen ist die in Fig. 40 dargestellte Eisenconstruction von besonders grossem Nutzen; ein ähnlicher Eisenrahmen aber ohne die Sohlenbefestigung (ohne das Schwellenstück) würde auch nur sehr unvollkommen dem Zwecke entsprechen, da die Enden der Eisenträger sich in den Boden eindrücken würden, selbst wenn man den Druck derselben durch untergelegte Platten oder dergleichen zweckmässig vertheilen wollte. Die Entwässerungsvorrichtungen werden im folgenden Kapitel Erwähnung finden; hier soll nur vorübergehend eines Uebelstandes gedacht werden, der bei dem gewöhnlichen Entwässerungsverfahren oft in verhängnissvoller Weise einwirkt: des Uebelstandes nämlich, dass die gemeiniglich in zu engem Anschlusse an das Terrain angelegten Gräben grade an der höchsten Stelle der Umgebung der Einschnitte, da, wo das Gefälle sich nach zwei Seiten theilt, zu wenig Gefälle bekommen, durch jedes kleine Hinderniss im Abfluss behindert, in stagnirende Tümpel verwandelt werden und somit die Lage der Dinge, statt sie zu verbessern, noch erheblich verschlechtern. Bei der grossen Höhe der Einschnitte tritt die Wirkung meist nicht sofort zu Tage, und in Folge davon wird ihre Ursache nur zu häufig verkannt. Ganz dasselbe findet statt, wenn das Terrain an sich vertiefte Stellen zeigt, die gar keinen oder nur mangelhaften Abfluss haben, und wenn dann nicht für besseren Wasserabzug gesorgt wird. Das Wasser, welches früher ohne allen Schaden ins Innere der Erde zog, kann auf die neu angelegten Stollen, Tunnels u. s. w. sehr unangenehme Wirkungen äussern.

Nach den Principien, welche in diesen kurzen Betrachtungen enthalten sind, beurtheilen sich nun sämmtliche Tunnelanlagen, und es ergiebt sich folglich aus denselben eine Beurtheilung der Schwierigkeiten, welche jeder der verschiedenen Kategorien von Tunnels eigenthümlich sind. Zunächst fassen wir die zur Ueberwindung von Anhöhen (Durchstechung von Gebirgspartien) angelegten Tunnels ins

Auge, von denen wieder im Ganzen 3 Unterabtheilungen sich unterscheiden lassen: Tunnels durch vorspringende Gebirgsnasen, solche durch einfache Ketten oder Wände von nahezu gleicher Höhe, und solche durch eigentliche Gebirgspässe. Die Bedeutung der Tunnels für die Verkehrsstrassen steigt für die einzelnen Arten in derselben Reihenfolge, wie dieselben hier aufgezählt sind; in demselben Grade aber vermehren sich auch die Schwierigkeiten, welche der Tunnelbau gemeiniglich veranlasst. Die Tunnels durch Gebirgsvorsprünge oder Nasen, welche in sehr steilen und vielfach scharf gewundenen Thälern sehr häufig angelegt werden müssen, und von denen Fig. 41 eine Ansicht giebt, haben im Allgemeinen einen sehr einfachen Längsschnitt; in der Mitte liegen sie am tiefsten, an den Seiten laufen sie in Einschnitte und endlich in Anschüttungen ziemlich regelmässig aus. Befinden sie sich in geschichteten Gebirgen, so haben die Schichten sehr häufig ein Profil, wie es Fig. 10 und 11 darstellen. Was oben über die Nothwendigkeit der in der Weise letzterer Figur anzufertigenden Auftragung von Profilen mit übertriebenen Höhen gesagt wurde, gilt ganz besonders für die Tunnels, bei deren Plänen es grade auf die feineren Details der Schichtung, Klüftung u. s. w. anzukommen pflegt. In anderen Fällen ist, meist durch Absturz, einerseits eine Felswand hergestellt, der übrige Bau aber regelmässig; in anderen Fällen finden sich häufigere Klüftungen. Trotzdem pflegt der Druck niemals sehr gross zu werden, da man es in der Mehrzahl der Fälle mit festem und zu allermeist mit trocknem Gestein zu thun hat. Der zweite Fall kommt beim Uebergange aus einem Seitenthal in ein anderes nicht selten vor und stellt den Uebergang der ersten zur letzten Kategorie dar. Daher fallen in ihm auch ebensowohl Profile, die als etwas unregelmässig geformte, also einseitige, zerklüftete Profile von Bergnasen gelten könnten; allein die Erstreckung der Wände, welche in diesem Falle vom Tunnel zu durchbohren sind, ist in den Querprofilen länger, mehr horizontal. Dies bedingt nun eine Verschiedenheit des Wasserablaufes. Bei der Gebirgsnase konnte derselben nach vorn, nach rückwärts und ausserdem noch nach einer Seite des Querprofils vor sich gehen, woher denn auch die Trockenheit der dort angelegten

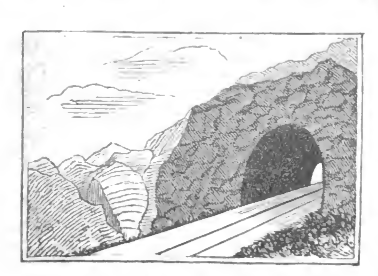
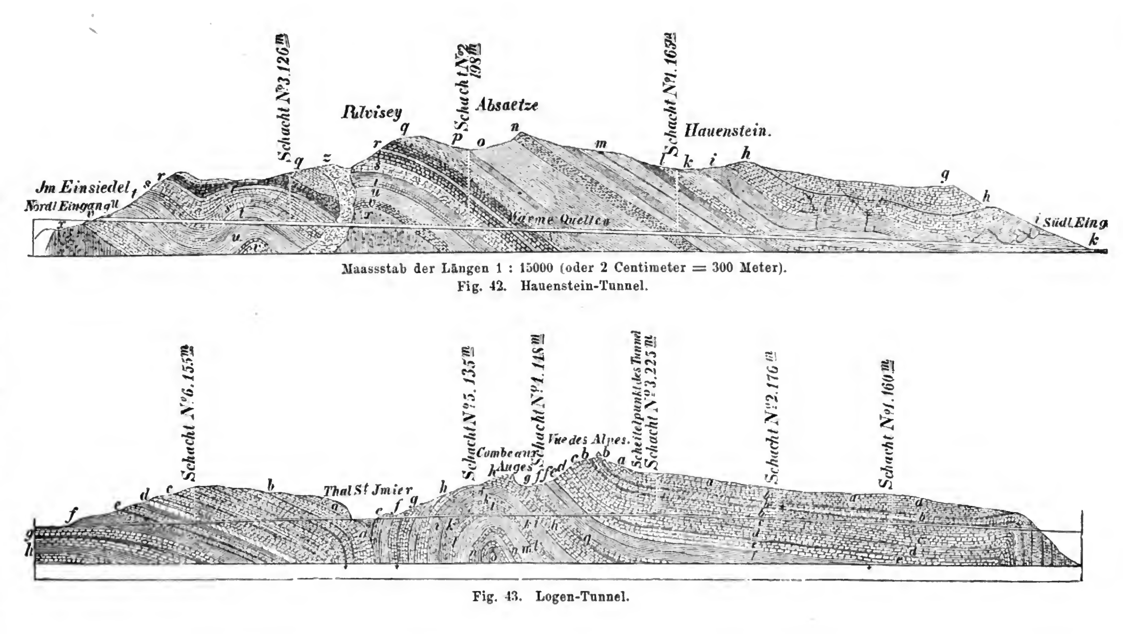


Fig. 41. Tunnel durch Bergvorsprung.

Tunnels stammt. Letztere Richtung des Abflusses ist nun im zweiten Falle nicht (oder doch so gut wie gar nicht) vorhanden, der Abfluss findet im Allgemeinen nur den Richtungen des Bahntunnels entlang statt und zwar in den meisten Fällen nur nach einer Richtung. Dies erzeugt selbstverständlich mancherlei Schwierigkeiten beim Baue und zugleich ungünstigere Druckverhältnisse, wenn durch irgend ein Hinderniss der Abfluss gehemmt ist. Die Hindernisse können natürlicher Art sein; z. B. kann der Abfluss von Wasser — von einem Quellenzuge — in einer durchlässigen Schicht durch eine undurchlässige Schicht gehemmt sein, welche an einer Verwerfungsspalte jener durchlässigen gegenüber liegt, ein für das umgebende Gestein stets ziemlich ungünstiger Fall. In anderen Fällen sind sie künstlich, z. B. wenn man im Verlaufe der Arbeiten eine reiche Wasserader getroffen hat, die den Tunnelraum füllt und die man aus den tiefer liegenden Theilen desselben, etwa in Folge der Neigungsverhältnisse der Bahn, nicht ableiten kann. Die künstlichen Uebelstände sind meist vorübergehender Art; gegen die natürlichen hat man permanente Sicherungen nöthig. Beide aber vermehren den Erddruck in der oben auseinandergesetzten Weise und bedingen Sicherungen gegen einen Grad desselben, der der ersten Art des Tunnels fremd zu sein pflegt.

In einigen Fällen, wo geringere Einsenkungen in den zu passirenden Querwänden der Gebirge vorkommen, gehen die Tunnels der zweiten Art allmählig in die der dritten Art über, in die Tunnels, welche ganze Gebirgszüge durchschneiden. Dies geschieht meist an solchen Stellen, welche erheblich unter dem Niveau der höchsten Punkte der Kette sich befinden, auf den sogenannten Pässen. Diese Pässe sind immer so gelegen, dass von beiden Seiten Thäler, Thalrisse oder Spalten zu ihnen hinaufführen, und sie befinden sich in vielen Fällen, wie z. B. bei den neuen Alpentunnels, an denselben Punkten, durch welche schon früher die Hauptstrassen (Brenner, St. Gotthard u. s. w.) gingen; aber keineswegs in allen. So hat man für die Tunnels durch das Juragebirge, von welchen zwei in den nachstehenden Abbildungen (Fig. 42 und 43) in kleinem Maassstabe im Längsschnitte als Beispiele der dritten Art dargestellt sind, unabhängig von den älteren Wegzügen die anscheinend zweckmässigsten Linien gewählt, wenigstens diejenigen, bei welchen die Tunnels am kürzesten wurden. Dass dies im erstverzeichneten Falle, beim Hauensteintunnel, nicht grade in jeder Beziehung die zweckmässigste Linie war, hat sich nachmals beim Baue selbst herausgestellt, und zwar in einer Weise, welche für die ganze Kategorie von Tunnels instructiv ist. Das Gebirge war durchweg quellen- und druckreich; es war dies in entschieden höherem Grade, als man es erwartete. Dies rührt nun in den meisten Fällen daher, dass man in einem Passe



Maassstab der Längen 1 : 15000 (oder 2 Centimeter = 300 Meter).

Fig. 42. Hauenstein-Tunnel.

Fig. 43. Logen-Tunnel.

stets von beiden Seiten her einen Wasserzufluss zu befürchten hat, der Abfluss dagegen in der nämlichen Weise wie im zweiten Falle beeinträchtigt zu sein pflegt. An zwei Stellen, über dem südlichen und über dem nördlichen Ende, ist derselbe im Hauensteintunnel völlig gehemmt, indem sich kleine Sondermulden finden. Am Logentunnel sind ebenfalls zwei solcher Vertiefungen vorhanden, doch fällt die eine (Thal St. Imier) in so tiefes Niveau, dass hier der Tunnel unterbrochen ist; sie würde sonst, da sie eine steilwandige Mulde ist, grosse Uebelstände haben herbeiführen können. Die zweite (rechter Seits) ist flach und befindet sich in festem Felsen, der in beiden Profilen durch Mauerstriche von den einfach horizontal schraffirten mergeligen und unfestern Gesteinsarten unterschieden ist. Im Hauensteintunnel findet sich dagegen noch eine breite Verwerfungskluft *z*, in der abermals, ähnlich wie in einer Mulde, ungünstige Wasseransammlungen zu erwarten sind. Fasst man alle diese Verhältnisse und in Sonderheit auch noch die grossen Strecken ins Auge, welche der Logentunnel in festem Gesteine (oberem Jura *a* bis *e*) durchmacht, so erhellt, wie dieser — obgleich grössere, hier in halbem Maassstabe dargestellte — Tunnel ein erheblich günstigeres Verhalten zeigen konnte, als der zumeist im Lias (*k*—*o*), ausserdem in Triasgesteinen (*p* — *x*) verlaufende Hauensteintunnel. Für beide Profile ist zu bemerken, dass die Auftragung nicht der oben gegebenen Vorschrift gemäss ist, was jedoch wenig in die Wage fällt, weil die Höhen nur im Duplum des Maassstabes für die Längen gehalten sind (also in Fig. 43 wieder dem in Fig. 42 mitgetheilten Maassstabe entsprechen, in letzterer mit dem doppelten Maassstabe zu messen sind). Es liegt überhaupt völlig in der Natur begründet, dass das Verhalten des Erdreichs, welches bei den Gebirgsnasen so günstig wie möglich war, hier das ungünstigste sein muss, nicht nur wegen des Wasserzuflusses und mangelnden Abflusses, sondern auch deshalb, weil in den Einzelmulden auf den Passhöhen und nahe denselben auch weiche Gesteine sich halten, ja, sich vorzugsweise ansammeln können. In der zweiten Kategorie kommt es auch wohl vor, dass mürbere Schichten zwischen festeren sich anfinden, während an den Vorsprüngen, die sich beiderseits gegen die Thäler dehnen und abböschen, wo nicht ausschliesslich, doch vorzugsweise die festen Gesteine bleiben, die mürberen weggeschwemmt werden mussten. Dass in manchen Gebirgen, wie ganz besonders in den festen, krystallinischen Gesteinen der Centralalpen (Mont-Cenis-Tunnel, Gotthardtunnel), die Druckverhältnisse nicht so ungünstig werden können, wie in den vorhin betrachteten Fällen, liegt auf der Hand. Hier wirkt das Wasser an und für sich als Hinderniss, weniger durch Vermehrung des Erddruckes. Dagegen sind hier wieder die Schwierigkeiten um so grösser, welche die Festigkeit des Ge-

steins, die Nothwendigkeit des häufigen, ja steten Bohrens und Schiessens, der Arbeit entgegenstellt. Nichts destoweniger werden selbst bei manchen dieser Tunnels ganz namhafte Schwierigkeiten durch Zerklüftung, durch weiche, lettenartige Beschaffenheit eines Theils der Gesteine bereitet. Es finden sich manchmal doch, wie z. B. grade am Gotthardtunnel, Partien jüngerer Bildungen (Jura) zwischen den älteren (Gneiss u. s. w.) eingekeilt, und dies bedingt wieder Wasseranstauung und, da es sich hier möglicher Weise um Gestein handelt, welches durch die Wässer erweicht wird, auch wohl einen grossen Erddruck. Obgleich also mit geringen Ausnahmen das Gestein durch Sprengarbeit zu gewinnen, der Tunnel nur unter fortwährendem Bohren und Schiessen mittels besonderer — nicht durch Dampf, sondern durch comprimirte atmosphärische, also athembare Luft in Bewegung gesetzte — Maschinen und unter den ausgedehntesten Vorrichtungen für Lufterneuerung aufzufahren ist: so ist trotzdem auf grosse Strecken eine Ausmauerung, und theilweise eine starke, unerlässlich. Wenn dies aber schon im krystallinischen Gebirge der Fall, so ist leicht ersichtlich, wie in allen versteinerungsführenden Sedimentärbildungen, in welchen weit öfter und in weit grösserer Ausdehnung Zwischenlagerungen gebrächer Gesteine vorkommen, wohl die Gewinnung der „Berge“ etwas leichter, die Menge des Wasserzuflusses im Vergleich zu den Alpentunnels geringer sein kann, im Uebrigen aber die technisch zu bekämpfenden Schwierigkeiten manchmal eher zu- als abnehmen.

Kann es nach Obigem scheinen, als sei die Bestimmung des geologischen Alters der angetroffenen Gesteine verhältnissmässig von geringem Werthe, indem in jeder Formation feste und unfeste Gesteine auftreten können, so ergiebt sich doch schon aus der Wichtigkeit, welche die möglichst zeitige Feststellung des Tunnelprofils stets hat, dass dem keineswegs so ist. In der That kommt es nur allzuhäufig vor, dass die Techniker sich mit einer blossen Anschauung der Tunneleingänge — oder gar eines derselben — begnügen und, wenn dieser in festem Felsen sich befindet, für den ganzen Tunnel ein gleiches Verhalten annehmen. Vor den Irrthümern, welche in dieser Hinsicht ausserordentlich leicht unterlaufen, vermag nur die Aufnahme der obwaltenden Schicht-, Verwerfungs-, Gang- und Massenverhältnisse (die sogenannte geognostische Aufnahme mittels Angabe der Fundstellen sammt den Streichungs- und Fallrichtungen auf der Karte und in den Profilen) in Verbindung mit der geologischen Kenntniss der einschlägigen Formationen zu schützen. Wenn z. B. ein Tunneleingang (Tunnelkopf) im Muschelkalke sich befindet, die Schichten aber so einfallen, dass ihre Falllinie mehr oder weniger genau von dem Eingange nach dem Innern des Tunnels zu gerichtet ist, so wird man unbedingt schon die Möglichkeit

anzunehmen haben, dass der Tunnel in seinem Verlaufe in den über dem Muschelkalk befindlichen Keupermergel übergeht. Dies würde unbedingt weit ungünstigere Verhältnisse und die Nothwendigkeit ausgedehnter Vorkehrungen gegen Erddruck u. s. w. ergeben. Im Falle, dass die Schichten in der Richtung nach dem Tunnel zu ansteigen, würde man im Gegentheil ein Uebergehen in die oberen Schichten der Buntsandsteinformation, in die ebenfalls ziemlich ungünstigen, den Keupermergeln ähnlichen Röthmergel als möglich anzunehmen haben. Nun lehrt die Geologie, dass der Muschelkalk ein ziemlich ausgedehntes Gebilde ist, dessen untere Schichten von den oberen wohl unterscheidbar sind, und wird sich schon aus dem Vergleiche mit den Aufschlusspunkten der Gegend oder auch vermöge der eventuell von einem Geologen vorzunehmenden Bestimmung von Versteinerungen (deren wichtigste und häufigste indessen in jeder Gegend den mit Erdarbeiten beschäftigten Ingenieuren nicht unbekannt zu sein pflegen) mit Sicherheit sagen lassen, welchem Theile der Muschelkalkformation die in Frage kommenden Schichten angehören. Nun würde in dem zuerst angegebenen Falle dann ein baldiges Uebergehen in den Keuper zu fürchten sein, wenn man sich im oberen Theile des Muschelkalks befände. Läge z. B. der Tunneleingang an der Basis der obersten Abtheilung des Muschelkalkes und betrüge die Mächtigkeit derselben 30 Meter, so würde selbst bei einer Neigung der Schichten von nur 15°, in der Tunnelrichtung gemessen schon bei 1100 Meter Entfernung vom Eingang der Keuper zu erwarten sein. Verwerfungen würden selbstverständlich diese Entfernung sowohl mässigen, als erhöhen können; letzteres, wenn sie ins Hangende, ersteres, wenn sie ins Liegende gingen. Dagegen würde bei dem Nachweise, dass ein so belegener Tunneleingang im unteren Theile des Muschelkalkes sich befände und noch 150 Meter Kalkgebirge über sich hätte, unter sonst gleichen Verhältnissen und abgesehen von Verwerfungen 5—6000 Meter Tunnellänge im Muschelkalk anzunehmen sein. Umgekehrt wäre es im zweiten Falle; hier wäre es günstig, wenn der Tunneleingang im oberen, ungünstig, wenn er im unteren Theile des Muschelkalks läge. Ganz besonders wichtig ist das Verhalten eingesenkter Partien, wie diejenigen, auf welche wir für Fig. 42 und 43 aufmerksam machten. Es ist leicht zu ersehen, dass beim Vorhandensein solcher muldenartigen (oder doch im Tunnelprofile muldenartig erscheinenden) Biegung der Schichten an beiden Tunneleingängen tiefere Schichten zum Vorschein kommen müssen, als man sie im Innern anführt. Es ist daher stets nöthig, in der Tunnellinie mehrfache Untersuchungen vorzunehmen, und da es nicht immer ohne unverhältnissmässigen Geldaufwand und namentlich Zeitverlust möglich ist, dieselben bis zur Tunnelsohle auszudehnen, so ist auch hier

wieder die Kenntniss der Schichtenfolge, des geologischen Profiles, von Wichtigkeit. Auf das Vorhandensein solcher Muldenpartien wird man indessen stets schon dadurch aufmerksam gemacht, dass von zwei Seiten her die Schichten einfallen, dass sie „synklinal“ sind. Im entgegengesetzten Falle (Fig. 10 und 11 und mittlerer Theil von Fig. 43, linksseitiger Theil des Logentunnels), also bei antiklinalem Schichtenbau, trifft der Tunnel tiefere Schichten an, als sie die umliegenden Partien — die Eingänge — zeigen; hier ist also eine Erdbohrung oder die Anlage eines Probeschachtes [1]) nothwendig, wenn man nicht aus den geologischen Profilen der nächsten Umgebung sichere Folgerungen ziehen kann.

Dies kann man (sobald nur überhaupt die erforderlichen Aufschlüsse, welche die Grundlagen der Profile ausmachen, in nicht zu grosser Entfernung vorhanden sind) in allen Fällen, wo keine diskordanten Ueberlagerungen anzunehmen sind. Die Stellen der ganzen Schichtfolge des Sedimentärgebirges, an welchen diese zu erwarten sind, wurden im zweiten Kapitel des ersten Abschnittes berührt, und dort auch die näheren Verhältnisse besprochen, z. B. die Sicherheit, mit welcher man innerhalb der meisten Formationen, sobald man einmal eine Schicht derselben erreicht hat, nach abwärts das allmählige Auftreten der tieferen Glieder bis an oder nahe an die Basis der Formation erwarten darf, während dort (in Deutschland z. B. an der Basis des Rothliegenden, an der der Kreide) oft gewaltige Sprünge vorkommen. In einzelnen Fällen tritt dies, wie auch oben erwähnt, an der Grenze von Formationsabtheilungen (z. B. an der unteren Grenze der oberen Hälfte der Kreide in Böhmen, Sachsen, im südlichen Westfalen) ein. Geht man in der Richtung nach oben fort, so kommt es noch mehr darauf an, Profile aus nächster Nähe zu haben, auch wenn man sich an der Basis einer Formation befindet, da Fälle vorkommen, wo ganze Abtheilungen des Sedimentärgebirges fehlen; in dieser Beziehung können wir indessen ebenfalls auf das Obige und insbesondere auf Fig. 5 (S. 109) verweisen.

Die einzelnen Formationen verhalten sich lokal zu verschieden, als dass man allgemeine Sätze für ihr Verhalten bei den Tunnelbauten aufstellen könnte. Für Deutschland sind die Tertiärbildungen fast durchweg ungünstig. Sind sie sandig, so ist das Gestein doch meist gebrech, ja lose [2]); sind sie mergelig-thonig, so versteht sich ein hoher Grad von Druck von selbst; sind sie fest-mergelig (wie z. B. die Mergel von Bünde, vergl. unten bei den Mineraldüngern),

---

1) Die Bohrungen und Schachtanlagen werden im folgenden Abschnitte im Kapitel über Bergbau berührt werden.

2) Die Formsande, mit humosem Bindemittel und daher cohärent, machen für schmale Strecken wohl eine Ausnahme.

so sind die doch oft mit weicheren Schichten gemischt und immer verwitterbar, zerfallend; sind sie völlig kalkig, wie die Schneckenschichten und Littorinellenkalke im Mainzer Becken, so ruhen sie doch auf und sind sie doch durchsetzt mit thonigen und sandigen Schichten; bestehen sie aus Braunkohle, so ist das Verhalten nicht viel günstiger, als bei Thon. Zudem bringt es ihr Auftreten in Mulden mit sich, dass sie wasserreich sind. Die einzige Ausnahme bilden die tertiären Eruptivgesteine, Trachyt, Phonolith, Basalt nebst Dolerit, Nephelingestein u. s. w., und gewisse Alpenbildungen, wie die feste Nagelfluh, der Nummulitenkalk. Die Kreide verhält sich dagegen sehr verschieden; sie hat compacte, dickbänkige Sandsteine in mehreren ihrer Abtheilungen, feste Kalke nur hin und wieder (den Sudmerberger Kalk am Nordharzrande im oberen Theile, andere, ähnliche Conglomeratkalkbildungen in demselben Theile und auch in ihrer tiefsten Abtheilung), dagegen die sich ebenfalls günstig verhaltende eigentliche Kreide des Ostsee- und Nordseegebietes, welcher sich die Maestrichter Tuffkreide, dänische Kreide anschliessen, im oberen Theile, ferner minder günstige, weil verwitterbare, aber im frischen Zustande doch noch ziemlich gut sich verhaltende, auch nicht immer in hohem Grade verwitternde Kalkmergel namentlich im mittleren Theile (Pläner, Flammenmergel), endlich ziemlich druckreiche und gebräche Eisensteine und durchweg druckreiche Thone besonders in ihrem unteren, minder ausgedehnt im oberen Theile. Dieselben Contraste zeigt Weald (fester Sandstein und Thon, im unteren Theile plattenförmige Mergelkalke, sehr ungünstige, keuperähnliche Thonmergel und sehr feste Serpulitkalke) und Jura. Nur pflegt im oberen Theile des letzteren, wenigstens in Deutschland, Frankreich und der Schweiz, eine kalkige Beschaffenheit der Gesteine zu überwiegen, mitunter eine noch günstigere dolomitische, die denn auch beim Logentunnel (rechte Seite von Figur 43) sehr günstig gewirkt hat, obgleich sie keineswegs die Ausmauerung völlig überflüssig gemacht hat. In England ist auch diese Abtheilung theilweise thonig; dagegen treten dort im mittleren Jura öfter feste Partien auf, als auf dem Continente. Eigenthümlich ist das Auftreten fester Sandsteine im oberen Jura und im oberen Theile des mittleren Jura an der Weserkette, dessen bereits im vorliegenden Kapitel gedacht ist, sowie die durchgehends thonige Beschaffenheit des dortigen unteren Jura oder Lias, der sonst überall einzelne festere Schichtgruppen von Kalk, Sandstein und von hartem oolithischem Eisenstein aufzuweisen hat. In der Trias ist mit Ausnahme der Sandsteinpartien der ganze obere Theil ungünstig, der Muschelkalk vorwiegend günstig zu nennen; doch kommen auch in ihm noch gebräche Partien vor, und ebenso meist in dem — übrigens mit festen Oolithbänken, auch Sandsteinen versehenen — unteren Theile des Buntsandsteins, während der mittlere

Buntsandstein (und der untere in Südwestdeutschland) vorwiegend feste, oft dickbänkige Sandsteine hat. Vom oberen Buntsandstein, der (wie erwähnt) aus meist dunklen, bunten Thonmergeln zu bestehen pflegt, verhält sich nur der Gyps günstig, den man oft in grösseren Massen in ihm eingebettet findet. In den Alpen finden sich nicht nur im Jura, sondern auch in der oberen Trias vielfach (s. S. 94) Kalkbildungen, Dolomite und dergl. an Stelle der vorwiegend thonig-sandigen ausseralpinen Bildungen derselben Zeit, nicht immer aber so ausschliesslich, dass nicht auch ein ungünstiges Verhalten im Gebiete der alpinen Trias- und Juragebilde möglich wäre[1]). Keineswegs sehr vortheilhaft zeigt sich im Allgemeinen das Rothliegende, da es häufig aus Wechselbänken von Sandstein mit Thonmergel, thonigem Sandmergel und aus Conglomeraten (Porphyrconglomeraten) besteht, welche wohl manchmal, keineswegs aber in der Mehrzahl der Fälle eine erhebliche Festigkeit zeigen. Besser verhält sich abgesehen von den gebrächen „Aschenschichten“ der Zechstein, doch leidet er noch häufiger, als es die schon erwähnten Gebilde thun, an Zerklüftungen. Die Porphyre und Melaphyre, welche sich hier anreihen, sind oft stark angewittert, manchmal kluftreich, sonst fest. Vom oberen Steinkohlengebirge sind die Sandsteine zwar im Ganzen ziemlich fest, doch meist stark zerklüftet; auch kommen, abgesehen von den Kohlenflötzen selbst, thonig-sandig-mergelige Schichten, lockere Conglomeratschichten und dergl. in Menge zwischen ihnen vor. Von der unteren Steinkohlenformation zeigen die Culmgrauwacken und Schiefer ebensowenig, wie die vorgenannten Gebilde, ein günstiges Verhalten, wohl aber im Allgemeinen der Bergkalk. Von den noch älteren Formationen sind die eigentlichen Grauwacken und besonders die Kalkzwischenlagen im Ganzen, wenn Verwerfung und Klüftung nicht zu gross, fest und druckarm zu nennen, weniger dagegen die Schiefer, selbst wenn sie schwer zu brechen sind, theils wegen des lockeren Zusammenhanges der einzelnen, sehr dünnen Schichten auf den wahren Schieferungsflächen, theils wegen des Hinzukommens der falschen Schieferung (vergl. oben). Selbst der harte Kieselschiefer, welcher, aus Quarz bestehend, dem Bohren in sehr hohem Grade Widerstand entgegensetzt, macht keine Ausnahme und ebensowenig der Hornfels, da auch er wohl immer eine parallepipedische Absonderung, meist in ziemlicher Vollständigkeit und durchgängig, zeigt. Von den Diabasen, Dioriten, Gabbros, Syeniten ist wieder ein günstigeres Verhalten zu verzeichnen und ebenso, wenn von den verwitterten Partien abgesehen wird, vom Granit. Der Gneiss, krystallinische Kalk (eigentliche Marmor), der

1) Wir machen ausdrücklich darauf aufmerksam, dass die mitgetheilten Profile von Tunnels aus dem Juragebirge ausseralpine Bildungen darstellen und mit den alpinen nichts zu thun haben.

feste Glimmerschiefer und Serpentin schliesst sich hier an; die lockereren Gesteine, welche zur Abtheilung der krystallinischen Schiefer gehören, gehen aber durch die Urthonschiefer oder Phyllite ganz allmählig in die vorerwähnten Schiefer über und verhalten sich, ohne anderseits Vortheile zu gewähren, ihnen gegenüber meist nur insofern ungünstiger, als sie von vielen feinen und unregelmässigen Quarzadern durchzogen zu sein pflegen, welche beim Bohren nicht nur einen erheblichen Widerstand leisten, sondern auch, wenn sie in schräger Richtung vom Bohrloche getroffen werden, den Bohrer aus seiner Richtung ablenken, damit ihn gefährden und oft grossen Zeitverlust verursachen [1]). Ganz ähnlich wirken Quarzitschichten zwischen mürbem Schiefergestein, die schwer zu gewinnen sind und dabei nur selten eine beträchtliche Mächtigkeit haben, so dass sie zur Minderung des Erddrucks wenig beizutragen vermögen.

Diese bei den Gebirgstunnels in Betracht kommenden geologischen Verhältnisse können eine nicht mindere, ja noch grössere Rolle bei der zweiten Art des Tunnels spielen, bei denen, welche zur Ueberschreitung von Wasserstrecken dienen sollen; denn hier ist in den bisher zur Ausführung gelangten Fällen immer der Tunnel unter der Sohle des zu überschreitenden Wasserbassins oder Wasserzuges befindlich, und auch die wichtigsten der in dieser Richtung aufgestellten Projecte befolgen dasselbe Princip. Hier kann die Ermittelung des Baues dieser unter Wasser belegenen Erdstrecke gradezu nothwendige Vorbedingung werden, und da sie zugleich eine der schwierigsten Aufgaben sein kann, so ergiebt sich schon hieraus das lange Zögern und Debattiren, welches den Unternehmungen dieser Art vorherzugehen pflegte und wohl auch den meisten künftigen Fällen vorhergehen wird. In dem ältesten derselben, bei dem (oben erwähnten) vor länger als 40 Jahren unternommenen Brunel'schen Themsetunnelbau, traf man auf die ungünstigsten Terrainverhältnisse (meist thonigen, theilweise auch locker-kiesigen Boden), deren Ueberwindung Maassregeln erforderlich machte, von denen man hoffen kann, dass sie bei weitem in den meisten Fällen ausreichen werden. Das Vortreiben der Eisenpfähle geschah mittels Schrauben, auf kleine Strecken und nach und nach. Trotz der aufgewandten Mühe bei der Voruntersuchung und Projectirung verunglückte der Bau mehrere Male, ehe Brunel das Werk durchführte, das etwa 30 Jahre lang keine Nachfolge fand. Alsdann erst folgte der Tunnel, der aus der Mitte des Michigansees (hier in einem Schachte endend, welcher in 3 verschiedenen Höhen Wasser einnehmen kann) der Stadt Chicago trinkbares Wasser zuführt. Da er nur 5 Fuss engl. ($1^1/_2$ Meter)

1) In vielen Fällen hat man demselben nur dadurch vorbeugen können, dass man engere Bohrer bereit hielt und diese nun wieder in grader Richtung in das schief durch die Quarzader gebohrte Loch einsetzen konnte.

Durchmesser bei kreisförmigem Querschnitte und vollständig ringförmiger Ummauerung mit Ziegelsteinen und Cement hat, so ist beim Baue des Stollens kein besonderer Unfall zu verzeichnen gewesen. Beachtenswerth ist seine grosse Länge (4 engl. Meilen oder fast $6^1/_2$ Kilometer), sowie die Schwierigkeit, mittels des in den Seegrund versenkten, jetzt über den Wasserspiegel vorragenden und mit einem Leuchtthurm versehenen Schachtes den zweiten Angriffspunkt zu schaffen. Wichtiger ist der um dieselbe Zeit geplante Eisenbahn-Tunnel unter dem Detroit-River zwischen Detroit im Staate Michigan und Windsor in Canada, aus 2 getrennten Cylindern zu je 4,7 Metern (in $15^1/_4$ Metern Entfernung parallel laufend), mit Ziegelsteinmauerwerk in der Stärke von 0,61 Metern verkleidet, im Minimum über 6 Meter unter der Flusssohle befindlich, welche in einer Gesammtlänge von etwas mehr als 2600 Metern die beiden angrenzenden Haupteisenbahnen verbindet; das bedeutendste Interesse aber nimmt ohne allen Zweifel das grosse Canalprojekt zwischen England und Frankreich in Anspruch. Man hat lange geschwankt und untersucht und ist endlich bei einem Projekte stehen geblieben, welches hart westlich von Calais beginnt und bei South-Portland, östlich von und ziemlich nahe bei Dover, endet und auf dem ganzen Verlaufe sich unter einem Meeresboden befindet, welcher zunächst von der oberen, weissen und feuersteinführenden Kreide (Schreibkreide) gebildet ist. In dieser Beziehung ist die geologische Diskussion von ganz besonderem Werthe gewesen, indem sie die Unausführbarkeit der weiter westlich, insbesondere vom Cap Grisnez aus, nach Dover projectirten Linien dargethan hat; denn diese Linien befanden sich, von Dover abgerechnet, unter immer älteren Schichten, und da diese älteren Kreideschichten — unter denen lockere, durchlässige Grünsande, thonige Bildungen, wie der Gault, eine Rolle spielen —, zugleich aber auch ein grosser Theil der noch älteren Schichten, welche in Frage kommen — Weald, Jura — sich sehr ungünstig verhalten, so war man genöthigt, die Linie so weit zu verschieben, bis man es dem Meeresboden zunächst nur mit oberer Kreide zu thun hatte. Der Tunnel ist nun in einer Tiefe von 400 Fuss engl., etwas über 120 Metern, unter der Meeresoberfläche projectirt, wobei auf französischer Seite 270′ oder etwa 81 Meter, auf englischer 175′ oder etwa 53 Meter obere Kreide über demselben liegen; der Rest des überliegenden Erdreichs, also auf französischer Seite 39, auf englischer 67 Meter, besteht aus der unteren oder grauen, feuersteinfreien Kreide, welche die weisse, obere Kreide direkt unterlagert [1]).

1) Unter ihr folgt dann der obere Grünsand, welcher die obere Hälfte der Kreideformation an betreffender Stelle nach unten abschliesst, auf englischer Seite angeblich erst 21 Meter, auf französischer gar 105 Meter tiefer.

Allerdings ist nun der Meeresarm des Canals derart in die obere Kreide eingewaschen, dass von dieser an den tiefsten Stellen des Meeres (180′ oder 54 Meter) nicht viel übrig bleibt; immerhin aber etwas (nach wahrscheinlicher Berechnung an 12 Meter), und jedenfalls die volle Stärke (54 Meter) der grauen Kreide. Wenn es aber von dieser heisst, sie trete „frei von Zerklüftungen und mit eingelagerten Mergelschichten auf, welcher ihr einen hohen Grad von Wasserdichtigkeit verleihen“, so ist die erste Behauptung doch immer darauf zu beschränken, dass keine namhafte Verwerfungen vorkommen, während die Abwesenheit kleinerer Spalten nicht garantirt werden kann[1]), die zweite aber erscheint bedenklich, indem die mergeligen Schichten bei der ihnen zweifellos zukommenden ziemlich grossen Mächtigkeit (bis über 60 Meter) weit eher als ungünstig, druckreich zu bezeichnen sind. Die ihnen zugeschriebene Wirkung, den Wasserandrang von oben zu heben, bleibt jedenfalls problematisch. Keinenfalls aber kann eine Berufung auf die zu Eingange des Kapitels erwähnten, in jeder Hinsicht aufs günstigste situirten submarinen Bergwerkstollen beweisende Kraft für die Zulässigkeit des Projekts haben. Wenn nun schon diese Erwägungen zur Vorsicht mahnen, so kommt noch hinzu, dass ein Tunnelbau von 4,7 geographischen Meilen unter dem Meere, auf welcher Strecke die Hülfsmittel für Beschaffung von Luft entweder ganz fehlen oder doch nur in allersparsamster Weise zu den enormsten Kosten zu haben sein werden, bis jetzt überhaupt noch nicht gebaut ist, daher man grade nicht — dem Ausspruche der projectirenden Techniker gemäss — von Vorurtheil befangen zu sein braucht, wenn man vor der Hand noch bezweifelt, ob das Project mit den gegenwärtigen Hülfsmitteln der Technik wohl auszuführen ist. — Weit eher möchte, technisch genommen, noch das Project eines Tunnels unter der Meerenge von Messina von nur 8500 Meter Länge, beiderseits in festem Felsen beginnend, Aussicht auf Verwirklichung haben; hier fehlt jedoch der industrielle und merkantilische Impuls, welcher das Project des englisch-französischen Meerestunnels immer und immer wieder auftauchen lässt.

Nicht mehr in das Bereich vorliegender Schrift fallen die Tunnelprojekte, welche — sei es durch den Canal, sei es durch den Bosporus — durch einfaches Legen von Eisenröhren in das Wasser eine Verbindung herstellen wollen; wir wenden uns daher zu der dritten Art der Tunnels, welche künstlich geschaffene, aber nicht mehr zu beseitigende Hindernisse durch unterirdische Wege umgehen soll. Von diesen sind die städtischen unterirdischen

---

1) Man hat bei den Bohrungen in England noch in fast 70 Meter Tiefe eine Spalte mit Salzwasser getroffen.

Bahnen bis jetzt wohl das einzige Beispiel. Meist sehr flach, sind sie ungünstig situirt; doch kann dem gegenüber weder die Technik, noch die geologische Untersuchung Abhülfe verschaffen, und können wir uns daher im Allgemeinen auf das oben über diesen Gegenstand Bemerkte beschränken. Nur das möchte wohl noch hinzuzufügen sein, dass die nothwendiger Weise mit flacher Lage von Tunnels, Stollen und dergl. verknüpften Nachtheile gross genug sind, um ein Verbot aller nicht sofort mit definitiver Festigung (Ausmauerung) versehenen unterirdischen Wege und Arbeitsräume bis auf eine gewisse Tiefe zu rechtfertigen. Selbst die kleineren bergmännischen Strecken bedingen Gefahr des Einsturzes, sobald sie zu nahe unter der Oberfläche sich befinden, und die Verwüstungen, welche sie — z. B. in und bei Iserlohn — anrichten, sind nicht blos in pecuniärer Hinsicht gemeinschädlich, sondern auch gefahrbringend. Ohnehin ist man nur zu sehr geneigt, die provisorischen Schutzmaassregeln zu vernachlässigen, so dass auch die unterirdischen Bahnen Londons manchen hierdurch veranlassten Unfall zu verzeichnen haben, und wurde dies noch gesteigert durch das Verfahren, das man der Billigkeit halber, wenn irgend möglich, bei dieser Art von Tunnelbau (und überhaupt bei sehr flachen Tunnels) einschlägt, nämlich die Herstellung eines tiefen Einschnittes, in dessen Grunde man das Tunnelgewölbe baut, um es nachher wieder zu verschütten. Die vorübergehend angelegten Einschnitte, deren Druckverhältnisse nach dem im vorigen Kapitel Gesagten zu beurtheilen sind, verhielten sich in Folge der Belastung durch Bauwerke fast durchweg ungünstig, und daher kam es häufig vor, dass die Absteifungen u. s. w. noch weniger zur Sicherung der angrenzenden Gebäude genügten, als an andern Stellen die Stützungen der bergmännisch betriebenen Stollen.

Drittes Kapitel.

Die technischen Arbeiten zur Regulirung des Wassers.

Die verschiedenen Anlagen, welche in vorliegendem Kapitel zu besprechen sind, beziehen sich theils auf die Regulirung des direkt auf der Erdoberfläche angesammelten Wassers, theils auf die des

sogenannten Grundwassers, welches in den oberflächlich gelegenen Erdschichten enthalten ist, theils auf die der tiefer liegenden unterirdischen Wasserzüge, der Quellen u. s. w. Die Anlagen erster Art sind theilweise dazu bestimmt, Wasser zu irgend einem Zwecke, sei es als Communicationsmittel, sei es als Trinkwasser, sei es als mechanische Triebkraft, sei es endlich zum Betriebe der Fischzucht, zu bestimmten Orten hinzuleiten und dort festzuhalten, theils dienen sie dazu, dasselbe von solchen Orten, wo es im Uebermaasse vorhanden ist oder schädlich werden kann, abzuleiten. Die Vorrichtungen zu beiden Zwecken können wieder auf der Erdoberfläche sich befinden, wie die Mühlgräben und die gewöhnlichen Abzugscanäle, oder unter derselben, wie die Röhrenleitungen, die Canaltunnels, die bedeckten Abzugscanäle und Drainirungen. Sehr häufig werden die beiden Arten der Lage mit einander wechseln oder doch vereint vorkommen.

So ist es schon mit den gewöhnlichen Canalanlagen, welche in ganz analoger Weise, wie die Eisenbahnen und Strassen, auf Anschüttungen, in Einschnitten und in Tunnels liegen können, und wenn man auch die Lage in flachen Einschnitten im Allgemeinen vorziehen wird, und wenn demnach auch die grössten Theile der Canalstrecken in solchen flach eingegrabenen Partien liegen, so ist dies doch keineswegs immer ausführbar, sobald man in coupirtem Terrain arbeitet, und noch weniger, wenn dasselbe nicht grade wasserreich und die Benutzung von Wasserzügen geboten ist, die nicht an günstigen Punkten liegen und erst durch besondere Modificationen des Projectes benutzbar werden. Zu den Schwierigkeiten, welche der Erd- und Tunnelbau an und für sich macht, kommen für die Canalbauten noch mancherlei andere hinzu, welche für Strassen- und Bahnanlagen eher Vortheile bedingen würde; vor Allen der Verlust an Wasser, den Felsspalten — z. B. in zerklüftetem Sandstein, Kalk und Dolomit, in höhlenreichem Gestein jeder Art, im Basalt u. s. w. — wegführen. Nicht immer ist man im Stande, grosse Verluste an Wasser zu verhüten, welche aus dieser Ursache hervorgehen, namentlich da man solche durchlässige Felsarten und Schichten oft aufzusuchen hat, um von oben her überhaupt Wasser zu bekommen. Das Dichten des Bettes mit thonigen Massen ist in diesem Falle, wie überhaupt beim Canalbau, ein unentbehrliches Hülfsmittel, so namentlich auch auf allen Erdanschüttungen, bei denen, um die häufigen Deichbrüche zu verhüten, die beiden Erddämme, zwischen welchen die vertiefte Canalsohle liegt, mit besonderer Sorgfalt von unten auf gestampft und mit flacher Böschung hergestellt werden müssen. Der Thon zum Dichten wird am besten, wenn nicht aus den von Steinen (Geschieben) gereinigten Diluvialthonen, aus plastischen Thonen der Tertiär-, Kreide- und

13*

Jurabildungen genommen, und lässt sich im Allgemeinen behaupten, dass jeder Töpferthon auch die zum Verstampfen der Wasserbehälter nöthige Plasticität besitzt.

Ist das vorhandene Wasser unzureichend, so hat man hochgelegene Bassins zu construiren, in welchen das Tagewasser aufgefangen wird, um nach Bedarf den Canal zu speisen. Bei der Anlage derselben muss indessen die geologische Beschaffenheit des Untergrundes sorgsam zu Rathe gezogen werden. Hat derselbe Spalten, oder gehen daselbst durchlässige Schichten aus, so sind die auf Herstellung eines Dammes in dem betreffenden oberen Thale verwandten Arbeiten und Kosten meist gradezu weggeworfen. Ferner hat man wohl darauf zu achten, wenn man natürliche Querwälle in einem Thale benutzen will, um derartige Teichanlagen oberhalb derselben mit verhältnissmässig geringen Kosten zu beschaffen, ob nicht etwa der Querwall aus lockerem Trümmergestein, aus Bergsturzblöcken oder Gletscherwällen (Endmoränen) besteht und durchlässig ist. Kann man ihn in letzterem Falle nicht dichten, so hat man unbedingt eine andere Stelle für das Reservoir zu suchen. Dass auch in vorliegendem Falle an Stelle der Abdämmungen Mauern gesetzt werden können, die in ähnlicher Weise, wie die Futtermauern dem Erddrucke, ihrerseits dem hydrostatischen Drucke der abgedämmten Flüssigkeit entsprechen und demgemäss auch nach richtigen Principien unter Rücksichtnahme auf die Beschaffenheit des Untergrundes zu fundiren sind, bedarf nur kurzer Erwähnung. Uebrigens versteht es sich von selbt, dass die Teichanlagen, welche den Mühlen etc. ihren Wasserbedarf sichern oder auch nur der Fischzucht dienen sollen, ganz dieselben Vorsichtsmassregeln und Vorschriften erheischen.

Zu den Canalanlagen sind sämmtliche Mühlgrabenanlagen zu rechnen; für dieselben gilt mit Ausnahme des Wasserzuflusses ganz das Nämliche. Letzterer ist hier stets gegeben, durch Anstauen des Flusses oder Baches, welcher die Mühle treibt, zu beschaffen. Statt der Anschüttungen hat man hier, namentlich bei geringerem Wasserquantum, Kunstbauten, Gerinne aus Holz, Eisen, Stein, in welchen das Wasser über Terrainvertiefungen geleitet wird. Doch kann derselbe Fall auch bei grösseren Canalbauten vorkommen, wenn auch nur in Form von steinernen Aquäducten, welche hier die nämliche Rolle spielen, wie die Viaducte beim Eisenbahnbau. Stollen, in welchen Mühlgrabenwässer verlaufen, hat man namentlich in felsigem Terrain bei vielfach und stark gewundenen Flussläufen angewandt, z. B. im Lennethal (in der westfälischen Mark) schon seit Beginn dieses Jahrhunderts.

Die Flussregulirungen werden theils zur Schiffbarmachung der Flüsse, theils zur Sicherstellung von Theilen des Laufes, wie namentlich der exponirten Stellen der Ufer gegen die Angriffe des Flusses

selbst und des untersten Theiles der Flussläufe gegen die Meeresangriffe, theils zur Ermöglichung einer besseren Vertheilung der angrenzenden Grundstücke, theils auch behuf möglichst billiger Anlage von Ueberbrückungen unternommen. Von diesen Zwecken sind nur die beiden ersten der Art, dass sie die Regulirung in jedem Falle motiviren, während die beiden anderen oft gradezu in schadenbringender Weise verfolgt werden. Die Schiffbarmachung erheischt zunächst Wegbaggern des Schlammes und der auf ihm wachsenden Pflanzen[1]), Wegräumen angeschwemmter Sand- und Kiesbänke, Wegsprengen von Felsen, besonders von festen Bänken, welche sich quer oder schräg durch das Bett erstrecken. Namentlich letzteres ist immer nur auf Grund einer geognostischen Untersuchung zweckmässig einzurichten. Ferner aber dienen zu diesem, wie zum Zwecke der Sicherung des Laufes die Uferbauten jeder Art, in Deichen, Buhnen, Böschungspflasterungen, regelrecht gemauerten Befestigungen (Ufermauern, welche als wahre Futtermauern anzusehen sind), Faschinen- und anderen Strauchwerken bestehend. Die Mauern anlangend, hat man Sorge zu tragen, sie gegen den Druck durchfeuchteten Erdreichs stark genug zu machen und sie aus Stein und Mörtel zu construiren, welche vom Wasser nicht oder, richtiger gesagt, nur unmerklich angegriffen werden. Dazu sind von Steinen Granit, nächstdem die übrigen Massengesteine mit Ausnahme der zu spröden und meist auch zu stark zerspaltenen Dolerite und Basalte, ferner quarzitische Sandsteine und Dolomite, weniger Kalke und Sandsteine kalkigen Bindemittels zu empfehlen, mürbere Kalke und Sandsteine mergeligen Bindemittels aber zu verwerfen. Nur hat man in Wasser, das an Kalk nicht arm ist, den porösen Kalk, besonders den Süsswassertuffkalk, nicht ohne Vortheil angewandt, da dessen Poren sich dann füllen und seine Dichtigkeit mit der Zeit zunimmt. Für alle an der See belegenen Bauten dieser Art, nicht minder für die Leuchtthurm- und Hafendammbauten, hat man auch schwerere Steine (Granit, Syenit und andere Massengesteine) vorzuziehen, da die Steine ohnehin einen grossen Theil ihres Gewichtes, nahezu ein Drittel, im Wasser einbüssen, und gleichwohl der Auftrieb der Wogen ein gewaltiger ist. Man hat an den Leuchtthürmen der englischen Küste beobachtet, dass bei heftigen Stürmen der Wasserstaub bis nahezu 120 englischen Fussen oder bis zu 35 Meter aufgetrieben werden kann. Dies bedingt eine Kraft von 6000 Pfd. engl. auf

1) Es sei vergönnt, hier auf die „Wasserpest", Anacharis Alsinastrum Bab., richtiger Elodea canadensis, hinzuweisen, die seit 1841 aus Amerika eingeschleppt ist, da man deren Schaden in neuester Zeit, wie es scheint, wieder zu unterschätzen beginnt, seit sie selbst in langsam strömendem Wasser hie und da verschwunden ist. In fast und zeitweilig ganz stagnirendem Wasser wird sie schwerlich auszurotten sein.

den engl. Quadratfuss (30,000 Kilo auf den Quadratmeter), und wenn auch die durchschnittlich auf die Ufer wirkende Kraft erheblich geringer ist — man schätzt sie für die stürmischere, winterliche Jahreshälfte auf $^1/_3$, für die sturmfreiere, sommerlichere auf $^1/_{10}$ obigen Maximalwerthes — so bleibt doch immer eine grosse Festigkeit erforderlich, die nicht ohne einen im Wasser haltbaren Mörtel (vergl. Abschnitt 3, Kapitel 1) aus Cement oder gutem hydraulischen Kalke zu erzielen ist. Dass die Fundirung stets auf feste Felsen oder mittels sehr ausgiebiger und in grosse Tiefe sich erstreckender Vorrichtungen vorzunehmen ist, und dass dieselbe niemals ohne eine wenigstens einigermaassen vollständige geologische Untersuchung der Umgebung zweckmässig ausgeführt werden kann, gilt nicht minder von den Bauten an Flüssen (einschliesslich der Brückenpfeilerbauten), deren Stromkraft — einschliesslich der Kraft des Stosses der von dem Flusse zu Zeiten transportirten Eisschollen — die sämmtlichen unter dem Hochwasserstande belegenen Theile des Mauerwerkes zu widerstehen haben[1]). Ebenso ist hier selbstverständlich die Auswahl des Materials ganz in der oben angegebenen Weise beschränkt. Böschungspflasterungen und Buhnenbauten erfordern geringere Sorgfalt beim Fundiren, da jene sich an vorhandenes Erdreich überall in schräger, den natürlichen Reibungswinkel wenig oder nicht überschreitender Lage anschliessen, letztere immer nur flache Formen haben. In den dem Wasserstosse ausgesetzten Theilen hat man aber auch hier die Steine möglichst gross zu wählen. Uferbefestigungen durch Strauchwerk, durch eingesteckte niedrige Weidenpflänzlinge sind gewöhnlich nutzlos, wenn nicht die Böschung sehr flach ist, dann aber oft, wie Beispiele an den Nordseeküsten gezeigt haben, selbst bei sehr losem (sandigen) Boden von grossem Nutzen. Hürden und Faschinen sind mehr provisorischer Art, allein zur Einleitung ausgiebiger Maassregeln höchst werthvoll. Im Allgemeinen werden alle solche Eindeichungen, Steindämme, Faschinen u. s. w. an Strömen nach zweierlei Systemen angelegt, als Parallelwerke, welche dem Wasser gradezu ein engeres Bett anweisen und die wilden Läufe abschliessen, oder als Querwerke (Rauschebuhnen), welche sich etwas schräg gegen die Strömung in den Flusslauf erstrecken, den Strom auf die jenseits ihrer Köpfe belegenen Theile einschränken und dabei gegen die Parallelwerke den Vortheil haben, dass die zwischen den Buhnen belegenen Theile den vom Flusse mitgenommenen Boden aufnehmen, mit der Zeit also verlanden und

1) Die Anlage der trocken zu erhaltenden, aus Eisen oder Holz zu bauenden, in letzterem Falle meist nur aus Doppelwand mit Thon bestehenden kastenförmigen Fundamentgruben können wir hier übergehen.

unter Umständen als Land nutzbar gemacht werden können. Die Breite des Stromes muss auf Grund von Wassermessungen und unter Berücksichtigung der Tiefe und der Geschwindigkeit des Wassers bestimmt, der Lauf möglichst gradlinig oder in wenigen, möglichst flachen Curven vorgezeichnet werden, indem ein allzu häufiges und scharfes Umbiegen der Flussrichtung das Wasser zu scharf nach aussen drängt und somit die an der äusseren Seite der Krümmungen belegenen Ufertheile in „Angriff“ bringt, d. h. einem übermässigen Unterwühlen, einem Wegwaschen der in und unter dem Wasserspiegel belegenen Erdtheile und einem Nachstürzen des darüber befindlichen Bodens aussetzt. Der so zerstörte Boden wird dann vom Wasser mitgenommen und an den dem Wasserstosse abgekehrten Ufertheilen, an der Innenseite der Krümmungen, abgelagert. Hier ist er an sich lästig und oft schädigend, führt aber ausserdem den grossen Nachtheil mit sich, dass er die Richtung des Wasserstosses modificirt. Dies bewirkt, dass die Ufertheile in ganz unregelmässiger Weise, bald hier, bald dort, stärker angegriffen werden können, und dass sehr oft an ganz unvorhergesehenen Stellen beträchtliche Verheerungen sich zeigen. Die Wildbäche (deren Behandlung übrigens zu den Wasserabzugsvorrichtungen hinüberleitet), sind natürliche Wasserrinnen, welche durch starke Regengüsse veranlasst werden und denselben Gesetzen der Hydraulik unterliegen, wie die Bäche und Flüsse. Nur sind sie nicht fortwährend in Fluss, daher minder regelmässig in ihrem Verlaufe. Sie zeigen ganz ähnliche Verhältnisse; an solchen Stellen, wo sie häufig und stark auftreten und vielleicht noch wegen starken Gefälls verstärkt wirken, erheischen sie nicht selten die Anlage besonderer Rinnen (Pflasterrinnen, z. B. auch an Erdböschungen).

Die sehr complicirten Verhältnisse, welche bei den Wasserrinnen vorkommen, sollten es von vornherein als misslich erscheinen lassen, über die Anforderungen der Schifffahrt und der Sicherheit der Ufer und des Bettes hinaus Flussregulirungen vorzunehmen. Ist ein Flusslauf, wenn auch noch so gewunden, einmal stabil, zeigt er keine gefährliche Angriffstellen und keine wilde Betten oder solche doch nur stets begrenzt auf ein abgeschlossenes, dem Flusse (wegen kiesiger Beschaffenheit bei tiefer Lage) ohne Schaden preiszugebendes Terrain, so bedingt es stets eine Reihe kostspieliger Arbeiten, wenn man den Lauf ändert. Erst nach mehrfachen Zerstörungen, welche die schwachen, künstlich zu schirmenden Punkte verrathen, pflegt ein neues Gerinne definitiv wieder eine haltbare Beschaffenheit anzunehmen. Der Gewinn, den man sich von den Regulirungen versprochen — der Mehrbetrag des nun zu benutzenden Landes u. s. w. — steht, wenn man endlich das Facit zieht, oft kaum annähernd in richtigem Verhältnisse zu den aufgewandten Kosten. Ganz be-

sonders gilt dies von den kleineren, wasserärmeren Bächen in Terrain mit starkem Gefälle, auf dem jeder Platzregen die Stosskraft des Wassers in sehr hohem Maasse vermehrt. Rücksichten so untergeordneter Art, wie z. B. die unbedingte Gradlegung von den Grenzen ländlicher Grundstücke, sollten daher nie durchschlagend sein, um die Regulirung solcher Bäche zu beschliessen, bei der ohnehin der geologische Bau einer Gegend zu Rathe gezogen werden sollte. Die Nachtheile, welche die Fischzucht durch die Aenderungen der Flussbetten und Bachläufe erleidet, kommen noch hinzu, und unter den Maassregeln, welche die neuerdings ins Leben gerufenen Vereine zur Hebung der Fischzucht zu ergreifen und zu empfehlen haben, sollte die Schonung der natürlichen Wasserläufe eine der ersten Stellen einnehmen. Dies gilt nicht minder von den Regulirungen grösserer Flüsse, sofern sie nicht dazu dienen sollen, den Wasserstand einer Gegend aus den unten zu besprechenden Rücksichten zu ändern, meist zu erniedrigen, und sofern eine solche Aenderung wirklich als nutzbringend erkannt ist. Die blosse Rücksicht und Billigkeit der Herstellung gewisser Bauten im Falle einer solchen Verlegung, welche sehr häufig für die Regulirungen von kleineren oder grösseren Flussstrecken maassgebend ist, sollte ebensowenig, wie der obige bei den Feldmarkseparationen eine gewisse Rolle spielende Gesichtspunkt, Veranlassung zum Aendern bestehender Verhältnisse geben, falls diese Sicherheit gewähren und bei schiffbaren Flüssen (und Canälen) die Communication nicht beeinträchtigen. Sehr oft führt schon der Wunsch eines Technikers oder einer Baugesellschaft, eine Brücke abzukürzen, welche in schiefer Richtung einen Flusslauf kreuzt, zu einer Flussveränderung, welcher man in den allermeisten Fällen nicht den Namen einer Correktur, sondern den einer Verschlechterung beilegen sollte. Würde z. B. ein Fluss in sehr schräger Richtung von einer Eisenbahn durchschnitten, so würde die Brücke schief und verhältnissmässig lang zu bauen sein, beides aber die Constructionen beträchtlich vertheuern. Es ist nun ein sehr beliebtes Verfahren, dass man in einiger Nähe (auf dem Trocknen) eine Brücke errichtet, welche gegen die Bahn grade liegt und in rechtwinkliger Richtung das Wasser des Flusses unter ihr durchzuführen im Stande ist; darauf gräbt man das neue Flussbett zwischen den Pfeilern der neu erbauten Brücke und setzt es durch möglichst wenig gekrümmte Canalstrecken oberhalb und unterhalb der Bahn mit dem Flusse in Verbindung; alsdann verschüttet man den alten Flusslauf unter der Bahn und bekommt so beiderseits der Brücke einen fortlaufenden Bahndamm. Wenn die Strecken kurz sind, wie meist in solchen Fällen, so ist der Schaden immer noch weit geringer, als in denen, wo eine längere Flusslaufänderung projectirt wird. Zu diesen gehört na-

mentlich derjenige, dass eine Bahn einen Fluss zweimal, vielleicht beidemal in sehr schräger Richtung kreuzt. Die Projecte gehen dann zumeist dahin, die zwischen den beiden Kreuzungspunkten befindliche Strecke des Flusses auf die andere Seite der Bahn zu verlegen, hier parallel derselben einen neuen Flusslauf zu graben und die alte Strecke eingehen su lassen, d. h. an den beiden Kreuzungsstellen zu verschütten, so dass dazwischen ein stagnirendes Wasser bleibt. Dies letztere wird nun stets mit der Zeit, da das Wasser dem Verderben preisgegeben, werthlos und höchst lästig, öfter auch gesundheitschädlich. Das Auskunftsmittel, welches man dagegen ergreift, nämlich, dass man an einem der Kreuzungspunkte oder (was immer noch besser) an beiden Röhren oder Canäle zur Wasserverbindung herstellt, ist gewöhnlich ohne allen Werth, wohl nie ausreichend [1]).

Die Wasserabzugsanlagen sind zunächst Gräben, deren Böschungen nach den im ersten Kapitel dieses Abschnittes gegebenen Regeln anzulegen sind. Oft sind sie tief und dann mitunter in der Weise der Flussläufe oder Canäle zu sichern; manchmal ist der Untergrund locker, durchlässig, so dass die Gräben eine Dichtung mittels Thon erheischen. Besonders wichtig ist die Regulirung des Gefälles, welches man, wenn es sehr steil ist, durch treppenartige — zu pflasternde oder zu mauernde — Absätze bricht. Ist das Gefälle zu gering, sind aber neben den zu wenig geneigten Stellen stärker geneigte vorhanden, so gleicht man dieselben gegen einander aus. Reicht das Gefälle zu solcher Vertheilung nicht aus, so kann man oft durch eine Verlegung der Abzugsgräben Rath schaffen, sei es, dass man den oberen Theil nach aufwärts verschiebt, sei es, dass man einen tiefer gelegenen Ausfluss ermittelt. In gewissen Fällen, z. B. bei Bergwerken, bei Drainagen tief gelegener Landtheile, wie der in Holland dem Meere abgewonnenen oder nur durch Deiche vor dem Einbrechen des Meeres geschützten Ländereien (neuen Eindeichungen, Polder) und dergl., hat man ein Bassin ohne Ausfluss, bergmännisch „Sumpf“ genannt, an einem tief gelegenen Punkte anzulegen und durch Maschinen auszuleeren. An den Küsten solcher Meere, welche Ebbe und Fluth besitzen, kann man oft dadurch grossen Vortheil schaffen, dass man Abzugscanäle in das Niveau der Ebbe legt und zur Fluthzeit abschliesst. Zu den wichtigsten Fällen, in welchen eine Verlegung des Anfangspunktes nützlich oder selbst nöthig wird, gehört die Entwässerung des oberhalb tieferer Erdeinschnitte (Bahneinschnitte, Tunnelvorköpfe, tiefer

1) Fernere Nachtheile, welche die sogenannten Flusscorrekturen im Gefolge haben können, werden sich noch aus den Besprechungen der Regulirung des Wasserstandes ergeben.

Wegeinschnitte und Tagebauten jeder Art) belegenen Terrains. Es liegt in der Natur der Sache, dass der Höhenpunkt der Ränder solcher Einschnitte, die Stelle, wo sich beiderseits das Gefälle theilt, auf eine gewisse Strecke kein oder doch kein merkliches Gefälle hat. Legt man auf diesem Punkte tiefere Gräben dem Terrain nach an, um die Böschungen der Einschnitte vor Ueberströmen von Regenwasser und Schädigung durch dasselbe zu schützen, so provocirt man gradezu ein Einsickern von Wasser am oberen Theile der Gräben, und wenn der Zustrom irgend beträchtlich ist, so kann man hierdurch sehr bedeutende Erdrutschungen hervorrufen, welche ohne die fehlerhafte Grabenanlage vielleicht gar nicht, jedenfalls in geringerem Maasse entstanden wären. Allerdings kommt dabei der geologische Bau in hohem Grade in Betracht; so werden Erdrutschungen dann nicht so leicht entstehen, wenn die Schichten gegen die obere Seite des Hanges einfallen und zugleich ein Durchsickern des Wassers auf den Schichtflächen möglich ist. Ist jedoch das Terrain undurchlässig oder wenig durchlässig, etwa mergelig-thonig, so kann trotz der günstigen Lage der Schichten immer noch eine Erdrutschung und selbst in nicht unbedeutendem Maasse sich einstellen. Ziemlich sicher wird man auf dieselbe rechnen können, wenn die Schichten nach abwärts am Hange eines Berges geneigt sind, wie z. B. in dem in Fig. 44 im Querschnitte dargestellten

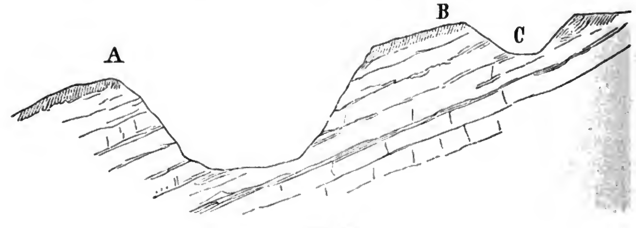


Fig. 44.

Bahneinschnitte. Wenn hier oberhalb des Raumes, den der vollendete Einschnitt haben soll, oberhalb AB, nach den gewöhnlichen Vorschriften etwa in C ein Parallelgraben angelegt ist, der nach beiden Seiten des Einschnittes abläuft und an dessen Enden ins Terrain ausläuft, so wird bei einer von C nach A geneigten Schichtung und bei einigermassen grosser Wasserhaltigkeit des Bodens aller Wahrscheinlichkeit nach eine Abrutschung ungefähr auf der Schichtfläche entstehen, und mit Unrecht wird der Bautechniker erstaunt sein, dass der Bau trotz seiner angeblichen Vorsichtsmaass-

regeln ganz ansehnliche Störungen zu erleiden hat. Kann man in solchem Falle nicht durch Verringerung der Sohlentiefe im höchsten Punkte und durch Vergrösserung der Tiefe auf den abwärts gelegenen Strecken des Grabens in genügender Weise für ein ziemlich starkes und nicht durch geringfügige Zufälligkeiten aufzuhebendes Gefälle sorgen, so bleibt nichts übrig, als die Gräben im obern Ende in höher gelegenes Terrain zu verlegen. Statt also den Graben von *C* nach *E* und *F* abwärts zu leiten, wählt man die Linien *GE* und *HF*; lässt man in *G* und *H* den Graben in der Höhe des Terrains auslaufen, so fängt man doch die Tagewasser in ausreichender, ja in weit sichererer Weise auf, als durch den Parallelgraben, der in *C* die Durchfeuchtung und Rutschung veranlassen musste. Das Dichten mittels eingestampften Thones ist in solchen

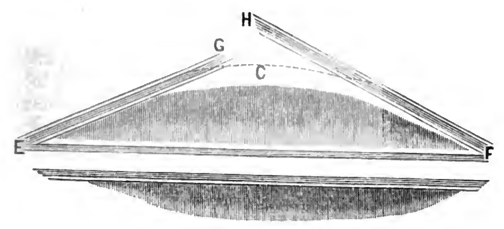


Fig. 45.

Fällen nicht von Nutzen; es ist überhaupt nur dann anwendbar, wenn eine stete Anfeuchtung des Thones stattfindet. Denn sobald derselbe völlig austrocknet, verliert er vorübergehend seine Plasticität und seine Undurchlässigkeit und gewinnt sie erst nach einiger Zeit wieder. Ferner ist den zeitweiligen Einwirkungen (dem Einfressen, Einreissen) des Tagewassers auch der Thon unterworfen, demnach unter den obwaltenden Verhältnissen keineswegs als haltbar anzusehen. Höchstens würde ein in Thon gelegtes starkes Pflaster letztere Eigenschaft besitzen, das Wasser aber auch nur dann wirklich halten, wenn die Durchfeuchtung permanent wäre.

Die unterirdischen Wasserabzüge finden in Stollen, insonderheit in deren Wasserseige, in besonderen Gerinnen des Tunnels oder auch in solchen Stollen oder Tunnels statt, welche nur zu dem Behufe des Wasserabzugs angelegt sind. Von allen diesen Fällen war im vorigen Kapitel die Rede; die unterirdischen Wege (nicht selten in offene Gräben ausmündend, die dann Röschen heissen) sind nach den dort abgehandelten Principien anzulegen und in ihrem geologischen Verhalten zu beurtheilen. An dieselben schliessen sich die

Siele, Plattencanäle oder Deckelcanäle u. s. w., unter denen im Allgemeinen die gewölbten — nöthigenfalls ringsum, etwa elliptisch, zu wölbenden und aus Backsteinen oder guten Hausteinen in Cement- oder sonstigem hydraulischem Mörtel auszuführenden — den Vorzug verdienen. Die Steine besitzen, so fest sie gegen Druck sind, doch verhältnissmässig geringe Zugfestigkeit oder absolute Festigkeit; dieselbe wird nur zu $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ der Druckfestigkeit angegeben. Die Zugfestigkeit kommt aber bei der Tragfähigkeit von Platten, welche an ihren beiden Enden auf Mauerwerk oder anderen, senkrecht gestellten und eingefalzten Platten aufliegeu und in der Mitte sich und das über ihnen lagernde Erdreich zu tragen haben, sehr bedeutend neben der Druckfestigkeit in Betracht; die in diesem Falle in Anspruch genommene relative Festigkeit, vermöge welcher ein Körper der Biegung oder Knickung widersteht, ist aus beiderlei Festigkeit, gegen Zug und Druck, zusammengesetzt, und während der obere Theil eines Balkens oder einer quer über zwei Stützpunkte gelegten Steinplatte dem Drucke ausgesetzt ist, ist der untere Theil desselben dem Zuge, der Ausdehnung ausgesetzt. Diesem Einflusse der nur geringen Zugfestigkeit und zugleich dem Umstande, dass Fehlstellen im Innern der Steine sehr leicht unentdeckt bleiben können, entspringt die Nothwendigkeit, den Steinplatten, mit welchen man unterirdische Canäle bedeckt, verhältnissmässig grosse Stärke zu geben, sowie die Misslichkeit dieser Art der Construktion für grössere Spannweiten. Man kann 1 Meter allerdings noch als vollkommen zulässige Spannweite für Plattencanäle betrachten, hat dabei aber etwa $^1/_4$ Meter Stärke der Platten anzunehmen, überhaupt $^1/_4$ der Spannweite, wenn man den erforderlichen Grad der Sicherheit haben will. Dabei macht es auch keinen erheblichen Unterschied, ob hohe oder geringe Schüttungen über dem Canale sich befinden; bei den geringen Spannweiten wirkt keineswegs die volle Erdsäule über dem Canale mit ihrem Drucke auf denselben, wenn der Canal sehr tief liegt, während bei ganz flach liegenden Canälen zufällige Belastungen und Erschütterungen weit stärkeren Einfluss haben. Das Material ist für die Platten stets sorgsam zu prüfen und nur in der Art zu wählen, dass wenigstens nach einer Richtung hin die Cohäsion auf längere Räume ununterbrochen ist. Die mineralogische Beschaffenheit ist indessen ziemlich gleichgültig. So hat man aus dem geschichteten Gebirge manche sehr gute und feste Plattensandsteine, aber ebensowohl eignen sich manche Kalke (Oolithe, Muschelkalke u. s. w.) und namentlich auch Dolomite zu frei tragenden Platten, an welche selbstverständlich wesentlich andere Anforderungen zu stellen sind, als an Trottoirplatten. Dachsteine und Dachziegel sind zwar in derselben Weise auf Festigkeit beansprucht, aber in weit geringerem Grade, und dürfen dieselben im Gegensatze

zu den hier betrachteten Platten kein grosses Eigengewicht besitzen, um nicht ihrerseits die unter ihnen befindlichen Constructionen übermässig zu belasten. Daher werden auch schiefrige Gesteine verhältnissmässig selten zu Canalplatten verwandt; immerhin aber geschieht dies an manchen Orten mit Glimmerschiefer, hie und da selbst mit festeren Phylliten. Eher wird Gneiss und Granit verwandt; Granit namentlich in der Weise, dass man Reihen von Löchern ausbohrt, diese mit Wasser füllt und mit angefeuchteten Holzkeilen schliesst und endlich das so in den Löchern festgehaltene Wasser frieren lässt. Die dabei stattfindende Ausdehnung des Eises drängt den Stein unwiderstehlich auseinander, und wenn die auf diese Weise hervorgebrachten Zusammenhangstrennungen nahe genug neben einander und in graden Linien sich befinden, so gelingt es in der Regel, ziemlich ebenflächig begrenzte Stücke zu erhalten, die man als Trottoirsteine, Treppenstufen, Pfosten, Unterlegquader für Brückenquader und auch zu Deckplatten für Canäle verwerthen kann. Die Verwendung von Syeniten, Gabbros, Diabasen, Dioriten, Porphyren, Melaphyren in dieser Weise ist eine eingeschränktere, doch werden auch diese, sowie gelegentlich Serpentine, Trachyte, Dolerite, eher noch die gern in Platten sich absondernden Klingsteine, endlich selbst solche Basalte, die in längere säulenförmige Stücken zerklüftet sind, in gleicher Weise verwandt.

Sind die Querschnitte nur gering, welche man dem Wasserabzuge zu geben hat, so wählt man statt der gemauerten, gedeckten oder gewölbten Canäle Röhren. Unter den Röhrenleitungen sind zunächst die fest geschlossenen ins Auge zu fassen, welche in der nämlichen Form auch zum Zuleiten von Wasser benutzt werden können und welche entweder, gleich allen bisher aufgezählten Abzügen, einfach vermöge des Gefälles das Wasser abzuleiten haben, oder dem hydrostatischen Drucke ausgesetzt sind, d. h. eine theilweise unter dem Ausflusspunkte belegene Zwischenstrecke haben. Die Röhrensysteme der ersteren Art erheischen im Allgemeinen keine besonderen Vorsichtsmaassregeln; die Dichtung gegen das Wasser braucht nur so gross zu sein, dass sowohl die Aussenseite gegen Austritt von Wasser und etwa in ihm enthaltenen Verunreinigungen aus den Röhren, als auch das Innere gegen Verunreinigungen von aussen geschützt ist. Ganz anders ist es mit den Röhrensystemen der zweiten Art. Sind diese nicht aus einem wirklich wasserdichten Materiale gefertigt, das dem vorhandenen Drucke widersteht, so findet ein stetes Durchschwitzen statt; das durch die Wände der Röhren oder durch die Verbindungsstellen getriebene Wasser durchfeuchtet die Unterlage, diese giebt nach und endlose Röhrenbrüche können, wenn das Material aus dem — für den ersteren Fall so sehr zweckmässigen — brüchigen gebrannten Thone besteht, die

Folge sein. Die Dichtungen der Verbindungsstellen sollte man, wenn man trotzdem Thon wählt, nie anders als mittels Cement ausführen, da nur dieses Material die nöthige Festigkeit mit ausreichender Bindekraft vereint und zugleich auch, wenn die Menge desselben genügend gross, wasserdicht ist. Etwanige Mängel in dieser Beziehung lassen sich leicht ersetzen, was bei allen geschmolzenen Bindemitteln wegfällt. Im Allgemeinen sind stets, namentlich bei grösserem hydrostatischem Drucke oder an Stellen, welche zufälligen Belastungen und Stössen ausgesetzt sind, also unter Wegen u. dergl., Metallröhren, besonders Eisenröhren vorzuziehen, obwohl deren Oxydation zu den unangenehmsten Seiten der Röhrenleitungen gehört. Dass der Untergrund eine grosse Rolle spielt, braucht kaum erwähnt zu werden; selten jedoch pflegt er wirklich aus festem Gesteine zu bestehen, da man die Abzugsröhren gern möglichst wenig tief legt. Die lockere Beschaffenheit des Untergrundes vermehrt selbstredend den oben angeführten Nachtheil einer Durchfeuchtung desselben, und kann es nöthig werden, grössere rohe Steine pflasterartig oder selbst in der Art einer Fundamentmauerung unterzulegen, um einigermaassen den in jenem Falle eintretenden Senkungen und Brüchen der Röhren zu begegnen.

Bei dem ungünstigen Einflusse, welchen der innere Druck unbestreitbar auf die Röhrenleitungen äussert, ist es nicht gerathen, eine mit stetigem Gefälle angelegte, aber in sehr bedeutender Höhe beginnende Leitung auf zu lange Strecken ohne Oeffnungen zu lassen. Man unterbricht die Leitung durch Kasten, in welche das Wasser an bestimmten Stellen ausströmt und aus denen es nun in minderer Höhe wieder ausfliesst, so dass es unten mit beträchtlich vermindertem Drucke anlangt. Im entgegengesetzten Falle würde der hohe Druck einerseits und der starke Reibungswiderstand anderseits ähnliche Verhältnisse hervorbringen, wie sie bei den Röhren mit hydrostatischem Drucke vorkommen.

Wichtiger für die Entfernung von Wasser sind die Leitungen, welche nicht völlig geschlossen, sondern zum fortlaufenden Einsaugen des Wassers bestimmt sind, unter denen die Drainröhrenleitungen und die aus rohen Steinen angefertigten Sickerrinnen oder Sickercanäle zu unterscheiden sind. Die Drainage besteht in förmlichen Systemen von Rohrsträngen und pflegt sich über grössere Ackerflächen zu erstrecken; die oberen Stränge von gebrannten Thonröhrenenden, nach dem jetzt üblichen Verfahren einfach an einander gelegt, heissen die Saugdrains. Sie haben eine lichte Weite von etwa 3 (mindestens 2,75) Centimetern meist bis zu etwa 6, gemeiniglich aber nur bis zu $4^1/_2$ bis 5 Centimetern, deren Grösse, Zahl und Entfernung sich nach der Menge des abzuführenden Wassers richtet. Man giebt ihnen nicht gern ein Gefälle, welches schwächer ist als 1 : 400 und

legt sie, theils wegen des Schutzes vor Verletzungen, theils um sie der Frostwirkung zu entziehen, nicht unter 0,9 Meter, meist auf 1,1 bis 1,2 Meter Tiefe in Gräben, welche man in möglichst schmalem Querschnitte [1]) aushebt und nach dem vorsichtigen und horizontalen Einlegen der Drainröhren wieder zufüllt. Die Saugdrains münden gemeiniglich in grosser Zahl, sei es von zwei, sei es von einer Seite her, meist ziemlich rechtwinklig in einen gemeinschaftlichen Sammelstrang, den Sammeldrain, der das von allen in ihn einmündenden Saugdrains gelieferte Wasser abzuführen im Stande sein muss. Zu diesen Sammeldrains dienen daher vorzugsweise die Drainröhren von grösserem Caliber, von 6 bis $10^1/_2$ Centimeter messender (erforderlichen Falls noch grösserer) lichter Weite. Ausser diesen Drains hat man mitunter noch Hauptdrains, welche mehrere Sammeldrains schliesslich aufnehmen, und Kopfdrains, welche am oberen Ende der Saugdrains quer auf dieselben gelegt werden und das von dem aufwärts gelegenen Terrain auf das Feld dringende Wasser auffangen und in die Saugdrains leiten sollen. Aehnliche Vorrichtungen lassen sich zum Ableiten von Wasser aus Erdbauten, Tunnels etc. häufig mit Nutzen anwenden. Im Ganzen sind für diese letzteren Zwecke und besonders für das Abfangen von Quellen die Sickerrinnen beliebter, welche aus sorgfältig gegen und über einander gelegten Steinen bestehen, zu unterst aus grösseren, die man mit möglichst grossen Hohlräumen auf einander schichtet, darüber aus kleineren, die man mit Erdreich bedeckt. Diese Sickercanäle sind billiger und im Allgemeinen ebenso sicher als die Drains; wenn sie auf eine Unterfläche gelegt sind, die gegen partielles Sinken geschützt ist (und dies ist bei den Drains ebenfalls erforderlich), so sind sie kaum jemals dem Verstopfen ausgesetzt. Das Eindringen von Pflanzenwurzeln ist, wenn die Steine und ihre Hohlräume gross genug sind, und wenn sie tief genug liegen, nicht zu befürchten. Im Gegentheile sind freilich aus zu kleinen Steinfragmenten oder gar aus Reisig angefertigt Sickercanäle jenem Uebelstande ausgesetzt, letztere auch noch dem Zusammendrücken, welches beim Faulen des Materials immer mehr zunimmt. In obiger Weise zweckmässig angelegte Sickergerinne jedoch ersetzen die offenen Gräben mit grösstem Vortheil in allen den Fällen, wo diese zu tief und folglich (theils wegen der wegzuräumenden Erdmassen, theils wegen der Raumverschwendung bei der im Verhältniss zu der Tiefe wachsenden oberen Breite) zu kostspielig sein würden; auch hindern sie die Bestellung des von ihnen entwässerten Bodens nicht, sobald man sie in die nämliche Tiefe bringt, welche oben für die Drains angegeben ward, also von 0,9—1,2 Metern. In

1) Mittels des englischen Drainspatens, wenn der Boden Stichboden ist, auf der Sohle 10—15, oben 40—50 Centimeter breit.

Verbindung mit den offenen Gräben — welche im Gegentheil dann an die Stelle der Drains und Sickercanäle zu treten haben, wenn die Lage für diese zu flach wird — bilden grade die Sickerrinnen eines der besten Mittel für das Abfangen von ober- und unterirdischen Wasserzügen, und nicht selten ist in Fällen, wo eine Erdmasse durch Quellwasser durchfeuchtet war und nun ausgedehnte Rutschungen veranlasste und fernere befürchten liess, ein Eingraben in die Tiefe — unter Abspreizung eines schmalen Grabens — und ein Ausfüllen der Grabensohle mit einem Sickercanale, oder selbst eine bergmännische Stollenanlage, welche durch nachherige Steinverpackung in einen grossen Sickercanal verwandelt wurde, trotz der Kostspieligkeit solchen Verfahrens von grösstem Nutzen gewesen.

Leiten solche unterirdischen Wasserabzüge einerseits zu den unterirdischen Wasseradern selbst hinüber, so bieten die Drains insbesondere einen naturgemässen Uebergang zu der Betrachtung des Grundwassers, dessen Uebermaass oder Mangel zu den entschiedensten Hindernissen des Ackerbaus zu rechnen ist, und dessen Einfluss auf die Gesundheitsverhältnisse, wenngleich von vielen Seiten wohl überschätzt, doch unbedingt gross, dessen Regulirung daher zu den wichtigsten Aufgaben der Technik gehört. Auffallend ist es, dass man in dieser Beziehung eigentlich nie von einer künstlichen Erhöhung des Grundwasserstandes hört, obwohl dieselbe in manchen Fällen — bei sterilem Sandboden — von grossem Vortheil sein könnte, in früheren Zeiten auch wohl manchmal bei Anlagen von Teichen neben anderen Rücksichten in Absicht gelegen haben mag. Jedenfalls hat eine ausgedehnte Wasseranstauung die Folge, dass in der Nähe sich der Grundwasserstand hebt. Lässt man die Teiche später wieder eingehen, so ist auf sterilem Sandboden nicht selten eine Verödung des betreffenden Landstriches die Folge, wenigstens sobald der vom Wasser abgesetzte Schlamm mit seinen organischen Theilen von der Vegetation aborbirt ist. Von weit grösserer Wichtigkeit ist aber auf jeden Fall die Vertiefung des Grundwasserstandes, wenn derselbe zu hoch ist. Ist dies Folge des Vorhandenseins einer undurchlässigen Schicht (Thonschicht, z. B. Wiesenthonschicht, oder diluvialer Thon- oder Mergelschicht), welche in nicht zu grosser Entfernung unter der Erdoberfläche liegt und nicht von übermässiger Mächtigkeit ist, so genügt es häufig, diese Schicht an verschiedenen Stellen zu durchstechen. Dies Mittel der Entwässerung, das Verfahren von Elkington, ist dann besonders werthvoll, wenn das Gefälle mangelhaft ist, wenn also flach gelegene Wiesen oder dergleichen Flächen durch den obigen Umstand versumpft sind. Die Bohrlöcher, auch Schlucker genannt, können beliebig vermehrt werden, bis die gewünschte Wirkung erreicht ist. Eine gründliche Untersuchung des Bodens auf grössere Tiefen ist jedoch

auf jeden Fall erforderlich; sonst kann man Schaden statt Vortheil erzielen, falls nämlich die unter der undurchlässigen Schicht befindlichen Theile des Erdreiches noch wasserreicher sein sollten, als die über derselben liegenden Theile. Für die Fälle, wo es sich um Conservirung des Wassers handelt, gilt selbstredend das Umgekehrte; hier würde die Durchsenkung einer undurchlässigen Schicht von Nachtheil sein, wenn sie über einer relativ trocknen und sehr durchlässigen Schicht liegt. Das über der undurchlässigen Schicht angesammelte Wasser, z. B. das in oberflächlichen Brunnen und Cisternen in einer Muldenvertiefung über einer tertiären Thonschicht zum Bedarfe einer Niederlassung vielleicht schon ziemlich spärlich beschaffte Wasser, wird in solchen Fällen leicht in sehr schädlicher Weise noch in seinem Quantum beeinträchtigt und ist ausserdem noch aus grösserer Tiefe zu beschaffen.

Gräbt man ein kleines Loch auf irgend einem Punkte, so stösst man stets auf Feuchtigkeit und meist früher oder später auf Wasser. Der Stand des Wasserspiegels, welcher sich in diesen Löchern herstellt, ist beinahe so hoch als der des Grundwassers, und wird

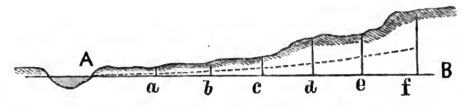


Fig. 46. Profil des Grundwasserstandes.

letzterer im Allgemeinen in der angegebenen Weise ermittelt. Man hat dabei gefunden, dass, sofern nicht undurchlässige Schichten oder andere Gebilde zwischentreten, die Höhe des Grundwasserspiegels in mathematisch bestimmbarer Weise vom Tiefenpunkte oder von der Tiefenlinie einer Gegend an wächst. Solche Tiefenlinien sind in der Regel die Flussläufe selbst. Geht man von ihnen eine Strecke seitwärts, so steht das Grundwasser ein wenig höher, als im Flusse, und um so höher, je weiter man sich von demselben entfernt. Dies ist offenbar eine Folge davon, dass sich das von den Seiten zusickernde Wasser mit dem Flusswasser und dem vom Flusse her in den Boden eindringenden Wasser, das übrigens auch schon vermöge der Haarröhrenkraft des Bodens ein wenig höher stehen muss, als der eigentliche Wasserspiegel, in Gleichgewicht setzt. Die Höhen des Grundwasserstandes nehmen in einem mehr oder weniger gestreckten, stets sehr flachen parabolischen Bogen zu. Wäre z. B. in Fig. 46 der Querschnitt durch einen Fluss (*A*) und durch eine Seite seines Thales dargestellt, der Spiegel des Wassers befände sich in der Höhe *AB*, und bohrte man nun an verschiedenen Stellen, *a* bis *f*, in 10, 20 Meter u. s. f. bis

zu 60 Meter Entfernung vom Flussrande ein, so würde man unter Voraussetzung gleichförmigen Bodens eine beschleunigte Steigerung des Grundwasserspiegels nach *f* hin finden. Der Grad derselben würde ausserordentlich abweichend sein können, das Gesetz der Zunahme aber annähernd dasselbe bleiben. Hätte man z. B. in *f* eine Höhe des Grundwassers von 0,3 Metern über *AB*, so würde — wenigstens annähernd — die Höhe in dem halb so weit von *A* entfernten Punkte nur $^1/_4$ so hoch über *AB*, also 0,075 Meter hoch sein; die Höhen in *a* und *b* werden etwa 0,008 und 0,033, die in *d* und *e* etwa 0,133 und 0,208 Meter betragen, überhaupt die Höhe multiplicirt mit einem nach der Natur jeden Falles verschiedenen Maasse (hier 12000) dem Quadrate der Entfernung gleich sein.[1]) Es versteht sich von selbst, dass ein gleiches Gesetz nach allen anderen Richtungen von einem beliebigen Punkte gelten muss, nur ändert sich der Werth des Maasses, mit dem die Höhe zu multipliciren ist; um die Entfernung zu ergeben; auch in der Richtung thalaufwärts findet bis zur Quelle hin ein annähernd parabolisch gekrümmtes Ansteigen statt, nur dass die Parabel meist gestreckter, ihr Parameter grösser ist; z. B. wüchse sie bei einem Gefälle des Stromes von 1 : 1000 auf 1000000 an, u. s. w. Bei einem geschlossenen Bassin, einem See, findet sich dagegen nach allen Seiten hin gleichmässige Zunahme, die parabolische Linie ist nicht merklich nach den verschiedenen Richtungen hin verschieden. Es ergiebt sich aus allen diesen Daten, dass eine Vertiefung des Grundwasserstandes stets abhängig ist von der Tiefe des Abflusspunktes der an der betreffenden Stelle vorhandenen Wassermenge. Kann man diesen Abflusspunkt nicht tiefer legen oder — wie dies im vorhin besprochenen Beispiele der Fall war — neue Abflusspunkte schaffen, so ist Alles, was zu thun übrig bleibt, eine zweckmässigere Vertheilung der Erd- und Wassermassen auf der Oberfläche des Terrains. In dieser Beziehung lässt sich indessen in vielen Fällen schon Erhebliches leisten. So z. B. gelingt es bei Urbarmachung von Sümpfen, die wegen Mangels an Gefälle nicht drainirbar noch ableitbar sind, nicht selten, durch Anlage breiter offener Gräben, aus denen man einen Theil der Erde ausschachtet und auf die zwischengelegenen Theile bringt, ein derartiges Verhältniss von Land und Wasserspiegel herzustellen, dass keine zeitweilige Austrocknung stattfindet, sondern dass Jahr aus, Jahr ein dieselbe Fläche vom Wasser bedeckt bleibt. Hierdurch werden die gesundheitschädlichen Ausdünstungen um ein sehr Bedeutendes gemindert, manchmal wohl ganz beseitigt; ausser-

1) Nach der Parabelformel $y^2 = ax$, wobei hier y die Entfernung, x die Höhe, a den Parameter ausdrückt. Der Parameter ist durch eine genaue Messung zu finden und kann durch jede andere controlirt werden.

dem aber kann man nun eine bestimmte Nutzung anstreben, das Land in irgend einer Weise — und wäre es nur mit Weiden — bebauen, die Wasserfläche zur Gewinnung von Rohr, Schilf, Segge, nicht selten auch zur Fischzucht verwerthen. In ähnlicher Weise wirken sehr oft die Torfstiche, nur dass bei ihnen die ausgeschachtete (ausgestochene) Masse grösstentheils nicht zur Erhöhung des Bodens beiträgt, da sie anderweite Verwerthung findet. Nicht selten hat man daher, um ausgenutzte Torfstiche wieder ertragfähig zu machen, irgend eine in der Nähe leicht zu erlangende Erdart zu Hülfe genommen, da das Ausschachten des unter dem Torfe befindlichen Bodens unter Wasser vorzunehmen wäre und sehr leicht zu kostspielig ausfallen würde. Die Rimpau'sche Dammcultur der Moore, die man neuerdings den übrigen Methoden, dem Moorbrennen u. s. w. vorzuziehen begonnen, gehört ebenfalls hierher. Das Moor wird mit Gräben durchzogen, welche mit ihrer Sohle den Grund desselben erreichen. Die ausgeschachteten Erdmassen, gleichgültig ob Sande, Thone oder Kalke, werden mit dem Moorboden gemengt und geben einen bedeutend verbesserten Boden, den man durch Hinzufügen der ihm fehlenden Bodenarten noch ferner melioriren kann.

Da, wo künstliche Anstauungen gemacht sind, kann man durch deren Entfernen oft schon eine hinreichende Vertiefung des Grundwasserstandes erzielen, und sollte dies nie unterlassen, sobald Schädigungen des Gesundheitzustandes durch das Stauen herbeigeführt werden. Grade das abwechselnde Trocken- und Nassliegen grösserer Strecken, das mit dem Anstauen des Wassers zu industriellen Zwecken meist verbunden ist, scheint für die Ausbreitung mancher Erkrankungen (besonders Wechselfieber) eine Bedingung zu sein. Allein auch in pecuniärer Beziehung sind die Stauungen, die Anlagen von Wehren für Mühlen und Fabriken, nicht selten von Nachtheil, indem sie die Schifffahrt beeinträchtigen. An kleineren Flüssen haben sie die durchgehende Communication oft ganz beseitigt; immer aber veranlassen sie Schleusenanlagen und damit die unangenehmsten Störungen der Beförderung. Schlimmer, als das Geldopfer, welches die Beseitigung jener Stauungen kostet, und als die — jetzt kaum noch als durchschlagend zu bezeichnende — Rücksicht auf die Nothwendigkeit mancher solcher Anlagen (Kornmühlen) ist indessen die Rücksicht auf die einmal in der betreffenden Gegend geschaffenen Bauobjekte, falls diese, wie in Städten, in grösserer Zahl vorhanden sind. Sind in solchen Gegenden, in denen ein Stau des Wassers stattfindet, die Gebäude auf Roste fundirt, so kann es sich ereignen, dass eine Grundwasservertiefung diese Roste, sowohl die Streckroste als die oberen Theile der Pfahlroste, aus dem Niveau herausbringt, in welchem eine fortwährende Umspülung derselben mit Wasser stattfand. Damit aber sind sie dem Verderben preisgegeben und in Folge davon

14*

wird wiederum das ganze Gebäude der Zerstörung anheimfallen. Es ist leicht ersichtlich, dass in allen auch nur einigermaassen reichlich mit Gebäuden versehenen Terrainabschnitten dieser Art die Aenderung der Abflusshöhe die ernsteste Erwägung erheischt.

Da, wo ein natürlicher Abflusspunkt gegeben, kann das Wegräumen von eindeichenden Stellen, Felsbarrieren u. s. w. oft mit grosser Leichtigkeit ins Werk gesetzt werden. In anderen Fällen vermehrt man das Gefälle durch Gradlegen der Abflussrinnen, seien dies natürliche, also Flüsse, oder künstliche; dabei kommen aber ausser den oben besprochenen Nachtheilen aller solcher Regulirungen noch manche andere in Betracht. So z. B. hat sich stets gezeigt, dass in den Rinnen mit gradem oder wenig gekrümmtem Laufe die Wässer auch weit rascher zuströmen, dass daher verheerende Ueberschwemmungen nach Platzregen und Wolkenbrüchen weit eher zu befürchten sind, als unter den früheren Verhältnissen, und dass namentlich die disponiblen Wassermengen der ganzen Flussgebiete beeinträchtigt werden. Es ist klar, dass bei demselben Regenfalle diese disponible Wassermenge um so viel geringer sein muss, als sie das Gebiet rascher durchläuft; wo also zu gewissen Zeiten (Sommers) ohnehin nur ein geringes Wasserquantum vorhanden ist, muss man mit den Regulirungen vorsichtig und sparsam sein. Die Messung des niederfallenden Wassers, des verdunstenden und des abfliessenden Theiles derselben ist überhaupt eine Arbeit, welche man noch viel zu wenig den technischen Arbeiten voranschickt, und da die Cultur fast unablässig — durch Entwaldung der Anhöhen, Trockenlegen der Moore und Sümpfe — dahin wirkt, die Regen- und Feuchtigkeitsmengen zu mindern, so ist ein hoher Grad von Vorsicht und Gründlichkeit bei allen solchen Ermittelungen um so nothwendiger. Schon jetzt hat sich zudem herausgestellt, dass die hoch gespannten Erwartungen keineswegs erfüllt sind, welche man an die Trockenlegung der Hochmoore, an die Verwandlung feuchter, grasreicher Niederungen in Weitungen der Flussthäler in Ackerland u. dergl. knüpfte, dass man statt der erwarteten guten Wälder und Länder werthlose Objekte — schlechte Waldungen, geringes Ackerland — schuf; dagegen ist der indirekte Nachtheil, den die Wasserverminderung in Gefolge hatte, in vollem Maasse eingetreten.

Selbst da, wo die Verhältnisse so liegen, dass eine Vertiefung des Wasserspiegels nothwendig wird, um der Bevölkerung einer Gegend die nöthige Sicherung des Gesundheitszustandes und der Beschaffung des Lebensbedarfs zu erschaffen, kann es dennoch fraglich werden, ob man diese Vertiefung auf andere benachbarte Gegenden auszudehnen hat. Das Schaffen künstlicher, völlig neuer Abzugcanäle giebt unbedingt fast in allen Fällen die Möglichkeit, den Bezirk örtlich abgegrenzt zu halten. So kann man z. B. einer seit-

lich in ein Hauptgerinne mündenden Niederung weiter nach abwärts einen Abfluss graben, wenn eine Vertiefung des Wasserstandes in dem Hauptflusse misslich erscheint. Dass man sowohl in solchen Fällen, als da, wo die Natur einem grösseren Becken eine ihm vortheilhafte Abzugrinne überhaupt versagt hat, selbst für sehr lange Abzuggräben die Kosten nicht zu scheuen hat, ist eine alte und oft schon zum Segen für ausgedehnte Länderstrecken in Anwendung gebrachte Regel.

Die unterirdischen Wasserzüge, die besonders in den Schichten, aber auch in den Spalten der Gebirge circulirenden Wasseradern und Sickerwässer nebst ihren Ausmündungen an der Erdoberfläche, den Quellen oder den Brunnen, sind für den Geologen zweifelsohne die interessantesten Erscheinungen unter denen, welche im vorliegenden Kapitel zu betrachten sind. Die chemische Zusammensetzung des Wassers kommt insofern in Betracht, als ein grosser Gehalt an Mineralstoffen oder ein Gehalt an übelschmeckenden Stoffen für sehr viele Zwecke schädlich oder doch lästig sein kann, und als es häufig die Aufgabe eines Geologen oder Technikers sein kann, solche Wasseradern aufzufinden, welche ein möglichst von gelösten Stoffen freies Wasser liefern. Viel wichtiger aber ist die Menge des von den einzelnen unterirdischen Adern gelieferten Wassers, und die immer stärker anwachsende Bevölkerung der Städte, für welche ein ausreichendes Wasserquantum eine der allerersten Lebensbedingungen ist, macht die Frage nach dem Wasserquantum der Quellen zu einer immer bedeutenderen. Es hat sich in Folge dessen auch eine Art von Industrie auszubilden begonnen, welche das Aufsuchen von Quellen sich zur Aufgabe macht. Es liegt jedoch in der Natur der Sache, dass dieses Quellenfinden nur insoweit auf sicherer Grundlage stehen kann, als es sich auf geologische Thatsachen stützt, und dass ohne Kenntniss vom Gebirgsbau der Gegend nur zufälliger Weise das Richtige getroffen werden kann. Die sogenannten Quellenfinder sind, sofern sie Reelles leisteten, immer nur Männer gewesen, die in dem Beurtheilen des geognostischen Baues der ihnen angewiesenen Gegenden eine gewisse Fertigkeit sich erworben hatten, und ganz dasselbe, was sie fanden, würde jeder Lokalforscher ohne Frage haben ermitteln können, wenn auch mit mehr Zeitaufwand. Die Verbreitung des Wassers unter der Erde folgt selbstverständlich hydrostatischen Gesetzen; so lange die Bewegung desselben nicht in geschlossenen Räumen vor sich geht, also dem Gesetz der communicirenden Röhren folgt, fliesst es auf dem Wege abwärts, der die stärkste Neigung hat. Daraus geht selbstredend hervor, dass es an Abhängen stets die Stellen aufsucht, an welchen dieselben eingebogen sind, und die convexen Partien derselben vermeidet. Man hat in Folge dessen die Wasseradern nicht an den Gebirgsnasen und Vor-

sprüngen, sondern nahe der Mitte zwischen zweien derselben zu erwarten. Ferner wird man unter sonst gleichen Verhältnissen desto reichlichere Wasseradern antreffen, je weiter man sich von den Kämmen und Höhen der Berge nach abwärts bewegt, da, grade wie bei den oberirdischen Wasserläufen, weiter abwärts ein Zusammenfluss des Wassers von einer grösseren Strecke stattfindet. Die grösste Ansammlung findet natürlicher Weise in den Tiefenlinien, in der Axe der Mulden statt, und hier kann nur entweder ein Anstauen oder ein langsameres Abfliessen der Längsrichtung der Mulde nach stattfinden. Findet sich ein Stau, so kann es vorkommen, dass das oben erwähnte Gesetz der communicirenden Röhren zur Geltung kommt, und es wird dies jedesmal der Fall sein, wenn undurchlässige Schichten über und unter der wasserführenden Schicht sich befinden. In beifolgender schematischer Abbildung (Fig. 47) ist dies an 3 Stellen des Profiles der Schichten der Fall, welche die darge-

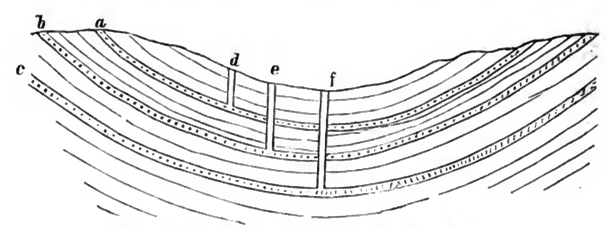


Fig. 47. Artesische Brunnenbohrungen in einer Mulde.

stellte Mulde bilden, indem die 3 durchlässigen Schichten, in welche sowohl von *a*, *b* und *c* her, als von der andern Seite das Tagewasser eindringt, oben und unten undurchlässige Nachbarschichten haben. Bohrt man dieselben in der Muldentiefe an, etwa in *f*, so steigt das Wasser mit einer gewissen Vehemenz auf; geringer ist der Auftrieb in *e*, noch geringer in *d*, und zwar in vorliegendem Falle nicht nur in Folge der minder tiefen Bohrung, welche in *e* die Schicht *c*, in *d* sowohl *b* als *c* unerbohrt lässt, sondern ausserdem auch wegen der höheren Lage. Diese hat wiederum doppelten Einfluss: sie verringert eines Theils das Wasserquantum, andern Theils die Druckhöhe, welche hier aus der Differenz der Punkte *a* und *d*, in den anderen Fällen und der der Punkte *b* und *e* oder aus der noch grösseren des Niveaus, wo *c* ausbeisst, und des Punktes *f* folgt. Es kommt nun wesentlich darauf an, ob in den durchlässigen Schichten soviel Wasser enthalten ist, dass sie ganz von demselben erfüllt sind; ist dies der Fall, so strömt das Wasser auch durch unverrohrte Löcher kräftig aus und

dringt an die Oberfläche, und es bildet sich ein artesischer Brunnen, wie er im Oriente schon vor Alters angefertigt, wie es scheint im Mittelalter über Venedig ins Abendland eingeführt und dann namentlich in Flandern (Grafschaft Artois, woher der Name) cultivirt, neuerdings aber über die ganze Welt verbreitet ist. Es ist in Folge dessen auch überflüssig, Beispiele von artesischen Brunnen anzuführen; das populärste, das der Oasen von Oued-Rhir in der algierischen Sahara, in welchen früher durch ausgezimmerte Brunnenschächte, auf deren Boden eine feste Felsschicht unter Lebensgefahr zu durchschlagen war und dann das Wasser mit reissender Schnelligkeit aufstieg, jetzt durch sehr zahlreiche, mittels europäischer Bohrapparate bis durch die undurchlässige Gypsbank gebohrte Löcher das Land bewässert ist, möge statt vieler anderen genügen.

Ist die Wassermenge nicht so gross, oder der sie auftreibende Druck zu schwach, so steigt das Wasser nur eine Strecke weit in dem Loche aufwärts und muss durch irgend welche mechanische Kraft heraufgeholt werden. Alsdann hat man den gewöhnlichen Brunnen, der beim Mangel eines continuirlichen Ausflusses eine gefestigte Wand haben muss, d. h. ein Brunnenrohr oder einen gemauerten Brunnenschacht. Die artesischen Bohrlöcher bedürfen einer Verrohrung nur dann, wenn man aus irgend welchen Gründen (z. B. wegen üblen Geschmackes oder zu starken Salzgehaltes des Wassers) das Wasser tieferer Schichten unvermischt haben will, etwa (Fig. 47) das aus er Schicht *c* allein, wo dann das Loch bis durch *b* hindurch zu verrohren wäre u. s. f. Die gewöhnlichen Brunnen gehen in die rein oberflächlichen Cisternen, abyssinischen Rohre u. dergl. über; anderseits bilden aber manche Brunnen wieder den Uebergang zu artesischen, wenn nämlich (wie z. B. in der höher gelegenen Nachbarschaft des Oued-Rhir beim Wasser des „unterirdischen Meeres der Sahara“) der Auftrieb nicht völlig genügt, um das Wasser an die Erdoberfläche zu treiben und es dort ausfliessen zu machen. Das Aufwärtsbewegen geschieht durch Schöpfen, z. B. mittels eines hinunter gelassenen Eimers, oder durch Pumpvorrichtungen, welche bekanntlich wieder einfache Saugvorrichtungen (bis etwa 9 Meter wirksam) oder Druckpumpen sind. Ganz besonders sind es Brunnenanlagen an Punkten, die an oberflächlichem Wasser arm sind, welche wegen ihrer Kostspieligkeit Gegenstand einer vorhergehenden Untersuchung werden, und grade für diese gelten zu allermeist die oben angegebenen Regeln, dass man sich an die Tiefenlinien, wenn nicht der Hauptthäler, so doch der Nebenfalten und Einbiegungen der Hänge zu halten hat. In dieser Beziehung liegen oft günstige und ungünstige Punkte sehr nahe beieinander, und es kann sich ereignen, dass einem gegebenen Terrain, z. B. einem Bahnhofsterritorium, auf welchem mit Hülfe von Brunnen-

bohrungen das zum Speisen der Locomotiven nöthige Wasser — für die „Wasserstation“ — zu beschaffen ist, einerseits spontane Quellen an der Oberfläche des Bodens vorhanden sind, anderseits, auf einem Buckel oder einer Nase der unterirdischen Schichten, das Wasser erst in nahmhafter Tiefe angetroffen wird. Hier wäre es gradezu fehlerhaft, etwa wegen untergeordneter und leicht durch Mittel der Technik zu erledigende Rücksichten sich zu einer Anlage der Wasserstation an letzterer Stelle verleiten zu lassen. In sehr vielen Fällen giebt das natürliche Vorkommen der Quellen sehr gute Anhaltspunkte, und niemals ist es überflüssig, auf dasselbe zu achten, da es doch mindestens immer die Abwesenheit von solchen abnormen Erscheinungen darthut, welche den Wasserzustrom hindern (wie z. B. undurchlässige Gänge festen Gesteines) oder einen bedeutenden unterirdischen Wasserabzug bedingen (wie z. B. offene Klüfte und Querspalten), und die man abgesehen von dem normalen Baue einer Gegend, eines Gebirges u. s. w. nie vernachlässigen darf.

In sehr vielen Fällen wird man selbst bei sehr starkem Wasserverbrauche, also etwa bei der Anlage von Wasserleitungen für grosse Städte, sehr wohl im Stande sein, Wasser von genügender Qualität und Quantität durch Quellen, unter Zuhülfenahme von Brunnen und von aufgefangenem atmosphärischem Wasser, zu bekommen. Auch werden nur verhältnissmässig selten die Quellen nicht rein genug sein und zu viel Mineralbestandtheile — oder unangenehme, schlecht schmeckende Mineralbestandtheile — enthalten. Das als chemisch rein anzusehende Regenwasser dient ausserdem dazu, die Menge der Mineralstoffe relativ zu mindern, und manche Beimengungen sind durchaus nicht nachtheilig. Namentlich gilt dies von der Kohlensäure, welche trotz ihrer Eigenschaft, manche Mineralstoffe, wie z. B. den kohlensauren Kalk, durch Bildung saurer Salze zu lösen, doch durch Verbesserung des Geschmackes des Wassers in weit höherem Grade nützt, und deren Anwesenheit daher mit Recht als ein wesentliches Erforderniss guten Quellwassers angesehen wird. Ueberhaupt sind die mineralischen Beimengungen im Allgemeinen weit weniger ängstlich zu meiden, als die organischen, und es ist grade die allmählig vor sich gehende Anhäufung der Zersetzungsprodukte der organischen Welt, welche das Wasser in dem Untergrunde der Städte selbst mit der Zeit ungeniessbar gemacht hat oder zu machen droht und zu der Anlage kostspieliger Wasserwerke zwingt. Die Flusswasser sind direkt nicht verwerthbar, sondern erst einem Filtrirverfahren zu unterwerfen; und selbst dieses würde nicht ausreichen, wenn man nicht das Wasser an Stellen schöpfte, an welchen nicht direkt die Abfallstoffe unserer Cultur in grösserem Maasse hineingerathen sind. Selbstverständlich entnimmt man es der Gegend oberhalb der zu versorgenden Stadt; liegt aber in ge-

ringer Entfernung eine andere volkreiche Stadt am Oberlaufe des Flusses, so würde auch dieses Auskunftsmittel abgeschnitten sein. Alsdann hat man die Kosten einer langen Leitung nach höher gelegenen Theilen des Flussthals, vielleicht bis in das Quellgebirge des Hauptstromes oder eines grösseren Seitenflusses, oder in ein hoch belegenes natürliches Wasserbassin (in einen Bergsee) nicht zu scheuen. Im andern Falle hat man nicht Anstand genommen, filtrirtes Flusswasser ganz oder theilweise an Stelle des Quellwassers treten zu lassen, auch keinen Schaden aus dieser Maassregel erwachsen sehen, und besonders tritt der letzte Fall ziemlich häufig ein, selbst ohne dass man ihn beabsichtigt. Es ist nämlich in den meisten Fällen nothwendig, die Quellen ziemlich tief abzufangen, indem man sonst isolirte Wasseradern träfe und entweder sehr viele Quellen sammeln müsste oder ein durchaus ungenügendes Quantum erzielen würde. Man schafft daher das Wasser aus tief gelegenen Punkten in die Hochreservoirs, welche die Speisung der Röhren besorgen, und geräth dabei stets mehr oder weniger tief in die Region des Wassers, welches aus dem Flusse sickert. Gräbt man in dieser Region ein Bassin zum Ansammeln des ins Hochreservoir zu pumpenden Wassers, so füllt sich dasselbe mit einer Mischung filtrirten Flusswassers und Quellwassers, welche bei reichlichem Zustrom des letzteren an diesem, sonst an jenem reicher ist, immer aber Quanta von beiden enthalten muss. Wird nun die Filtrirung sorgsam überwacht, die Entfernung der Bassins vom Flusse nicht zu gering genommen, namentlich aber nie unfiltrirtes Flusswasser in die Bassins oder gar in die Röhren[1]) eingelassen, so dürfte gegen solche Anlagen kein begründeter Vorwurf zu erheben sein, um so weniger, als auch dort, wo man gut filtrirtes Flusswasser ausschliesslich zu verwerthen hat, sich bis jetzt nur Vortheile, niemals Nachtheile aus den Wasserleitungsanlagen ergeben haben. Ueberhaupt filtrirt der Boden das Wasser sehr wirksam, und wenn man ihn oft genug erneut, hat man durchaus keine Verunreinigung mehr zu fürchten; durch dicke Schichten filtrirt, wurden die übelriechendsten Flüssigkeiten gradezu desinficirt. Es ist nur die Imprägnation des Bodens mit den schädlichen Stoffen, welche zu vermeiden ist. Diese geht langsam, aber sicher vor sich, und daher kommt es auch, dass die Verunreinigung des Brunnenwassers in Städten u. s. w., welche man

1) Dies Verfahren, das sich in vielen Fällen schon durch den eigenthümlichen Geschmack des Wassers kund giebt, ist unbedingt zu tadeln. Die Berufung auf das Beispiel Chicagos ist durchaus unzulässig, indem man dort grade sehr weit in den sehr geräumigen See zu gehen genöthigt war, um reines Wasser zu erzielen, und das dort in den Seeschacht gelassene Wasser entschieden weit reiner sein muss, als das irgend eines unserer Ströme.

in früheren Zeiten nicht empfand, allmählig immer fühlbarer geworden ist. Gewiss hat man in sehr volkreichen Stadttheilen schon seit Jahrhunderten von dergleichen Uebelständen zu leiden gehabt, und nicht ohne Grund hat man die entsetzlichen Verheerungen epidemischer Krankheiten in alter Zeit diesem Umstande zugeschrieben; allein die grosse Verbreitung des Auftretens ungesunden Trinkwassers, und insbesondere der Umstand, dass in verhältnissmässig jungen Ansiedlungen gewöhnlich ziemlich bald — niemals sofort — die nämlichen Schädlichkeiten sich zeigen, steht mit jener Theorie durchaus im Einklange. Daraus aber geht hervor, dass man nicht vorsichtig genug sein kann einmal hinsichtlich der Wahl der Brunnenanlagen u. dergl., andern Theils hinsichtlich der Wahl der Ausmündungsstellen der Abzugsleitungen. In beiderlei Beziehung ist man im Allgemeinen, namentlich seitens des Publicums, ausserordentlich indifferent; es existiren Fälle, und schwerlich ganz vereinzelte, dass Privatleute unterhalb eines Leichenackers ihren Wasserbedarf beziehen. In der zweiten Beziehung aber verfahren manchmal selbst Techniker nicht rationell und in Sonderheit ohne Rücksicht auf die geologischen Verhältnisse. Die Lage der wasserführenden Schichten, aus welchen die Bewohner einer Gegend ihr Wasser zu beziehen pflegen, muss stets ins Auge gefasst werden, und um so sorgsamer, je flacher die Gegend ist, je weniger Aussicht also vorhanden ist, dass man in solchen Schichten Wasser aus gebirgigen, weniger bewohnten und entfernteren Gegenden bezieht. So ist z. B. in der Mark das Diluvium, wenn dasselbe undurchlässige Schichten, den Geschiebemergel, den Geschiebelehm oder den Diluvialthon führt, und die kiesigen Schichten, oder auch minder mächtige Sandschichten, auf und zwischen solchen wasserhaltenden Lagen ruhen, trotz seiner fast söhligen Lage ein bedeutendes Reservoir für Quellwasser, und zwar in der Mehrzahl der Fälle für ein sehr gutes Quellwasser. Dasselbe stammt aber zum grossen, vielleicht zum grössten Theile aus den Wasserrinnen, welche in grosser Zahl die Diluvialbildungen durchschneiden. Schon in Folge der mangelnden Ueberlastung, welche eben durch den Thalriss entfernt ist, biegen sich an den Thalrändern die Diluvialschichten auf, und es bildet sich so das in Fig. 48 dargestellte Verhältniss aus, das den reichlichen Wasservorrath der betreffenden Schichten vollständig erklärt. Für die normalen Verhältnisse ist auch immer die Filtrirung eine völlig genügende, und aus der vorwiegend thonigen, schwach kalkhaltigen Beschaffenheit der undurchlässigen Schichten nebst der grossen Reinheit der Kiesschichten folgt auch eine grosse Reinheit des aus dem Diluvium beschafften Trinkwassers im Gegensatz gegen das Wasser aus dem Alluvium, das stets weniger lange filtrirt, mitunter aber auch mit stark verunreinigtem Erdreiche, mit Moor und Torf oder mit dem sehr unreinen, übelriechenden

Wiesenmergel in längere Berührung gekommen ist. Würde man nun in ein Seebecken oder in einen Graben, welche in den Thalrissen (über *aa*) sich befinden, faulige Stoffe ablassen, so würde zwar nicht sogleich, mit der Zeit aber ziemlich sicher ein Verderben des Brunnenwassers (*B*) die Folge sein, indem sich die (in *udm* enthaltene) wasserführende Schicht allmählig mit Sinkstoffen füllen würde. So könnte es sich leicht ereignen, dass Bewohner irgend einer Niederlassung von dem mit grossen Opfern fortgeschafften Unrath einen Theil im Trinkwasser wieder zugeführt bekämen, ein Umstand, auf welchen bei der Anlage der unten des Ferneren zu besprechenden Rieselfelder stets zu achten sein dürfte. Die Ermittlung der obwaltenden Verhältnisse aber, von denen die Abbildung ein Beispiel darstellt, ist immer durch eine sorgsame, von einer genügenden Zahl von Aufschlüssen und Bohrungen gestützte geognostische Aufnahme möglich. —

So interessant die geologischen Verhältnisse mancher der ungewöhnlichen Wasserreservoirs im Erdinnern und ihrer Ausflüsse — der Geysir, der intermittirenden Quellen — sind, so greifen dieselben doch verhältnissmässig wenig in die Technik ein, während dies wenigstens lokal bei den Meermühlen der Fall ist, d. h. den durch Einstrom des Meerwassers in das Land in Bewegung gesetzten Mühlen an der Küste von Kephalonia. Das Wasser einer engen Bucht neben der weit vorspringenden Halbinsel von Argostoli strömt in solcher Menge (5 Millionen engl. Cubikfuss oder über 140000 Cubikmeter pro Tag) landeinwärts, dass zur Zeit zwei Mühlen, eine ältere, seit 1835 bestehende, und eine neuere, 1859 angelegte, den so erzeugten Strom als Motor verwerthen. Tieferes Niveau des Wassers der Bucht im Vergleich zum offenen Meere, das ohne eine bestimmte fortwirkende Ursache sich schliesslich ausgleichen müsste, genügt selbstredend an und für sich nicht zur Erklärung dieser Wasserbewegung, die völlig continuirlich, nicht wie bei den demnächst zu erwähnenden übrigen Meermühlen periodisch wechselnd ist. Diffe-

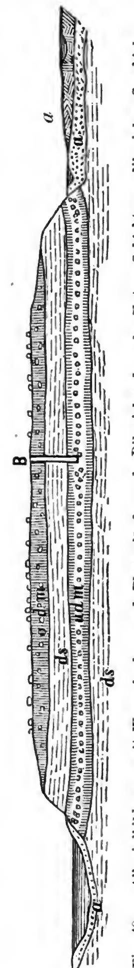


Fig. 48. *a* Alluvialbildungen mit Wasserbecken und Wasserläufen. *ds* Diluvialsand. *udm* Untere Schicht von diluvialem Geschiebemergel mit Kieszwischenlage. *B* Brunnen aus letzterer mit Wasser versorgt. *odm* Obere Schicht von diluvialem Geschiebelehm.

renzen des spezifischen Gewichtes durch Erwärmung, welche auch nur annähernd so bedeutende Modificationen des Gesetzes der communicirenden Röhren bewirken könnten, dass dadurch der Einstrom von Meerwasser in ein solches Röhrensystem erfolgte, sind an sich undenkbar, bei der Abwesenheit warmer Quellen in der Nähe aber ohnehin ausgeschlossen; ebensowenig genügen die Annahmen unterirdischer Höhlen, ansaugende Thonmassen u. dergl. m. Die einzig zulässige Erklärung ist die von Wibel [1]), nach welcher die Aspiration in unterirdischen geschlossenen Zügen, in welchen sich das Wasser sehr rasch bewegt, ein Aufsteigen des Wassers durch Spalten, die nach unten communiciren, und somit auch aus dem Meeresniveau bewirken kann. In der That zeigen Versuche, dass man nur den Strom in einer Röhre stark zu beschleunigen braucht, um ein ziemlich kräftiges Aufsaugen zu bewirken; und da ein Verengen der Spaltröhren und eine Verstärkung des Gefälles an bestimmten Stellen eine solche Beschleunigung auch in der Natur wohl zu bewirken im Stande ist, da ferner das Gebirge der Küste mannigfach zerklüftet ist, weit in die Tiefe dringende Klüfte nicht einmal angenommen zu werden brauchen, so hat das Phänomen grade für den besonderen Fall nichts Wunderbares; denn bei der grossen Schmalheit der die Bucht begrenzenden Landzungen findet der Erguss der ansaugenden Quellen grösstentheils ausserhalb der Bucht statt, und die Wassermenge, welche so entfernt wird, muss durch Einstrom in die Bucht ersetzt werden. Bei dem Reichthum der Gegend an Quellen kann auch die grosse Menge des einströmenden Wassers nicht überraschen. Eine fernere Bestätigung der Erklärung giebt die Beschaffenheit der Quellen; sie sind schwachsalzig (brakisch), wie dies das Hinzusteigen des Meerwassers zum süssen Wasser des Quellzuges bedingt; sie sind ferner, da es sich um geringe Tiefen handelt — die Ansaugung kann nicht einmal bis zur vollen Tiefe einer Wassersäule von Atmosphärendruck sich erstrecken — nothwendiger Weise kühl.

Wesentlich einfacherer Art ist die Erklärung der zweiten Art der Meermühlen, bei welchen die wechselnde Erscheinung der Ebbe und Fluth benutzt wird, um in wechselnder Richtung als treibende Kraft zu dienen. An insel- und buchtenreichen Küsten, z. B. der Küste Norwegens, in Bergen u. a. a. O., bilden sich zwischen gewissen Landtheilen Strömungen, welche bis zu einer namhaften Geschwindigkeit steigen, selbstverständlich um periodisch nachzulassen, aufzuhören und sich zeitweilig in eine ebenso starke Bewegung in entgegengesetzter Richtung umzusetzen, oft mit solcher Regelmässigkeit, dass eine technische Benutzung zulässig ist.

---

1) Besondere Schrift. Vergl. I. Jahresbericht der hamburger geogr. Gesellsch., 1874, auch Tagebl. der allg. Vers. der Naturf. und Aerzte zu Wiesbaden, 1873, S. 119.

Dritter Abschnitt.

Die Geologie als Hülfsmittel zu Beschaffung und Verwerthung nutzbarer Stoffe.

Erstes Kapitel.

Baumaterialien.

Kam in dem zuletzt abgehandelten Kapitel das Wasser auch schon als nutzbarer Stoff vor, so war doch die Lehre von seiner Verwerthung so innig mit der von seiner Bewältigung verwoben, dass grade dieser Gegenstand von der Behandlung in dem vorliegenden letzten Abschnitte der technischen Geologie ausgeschlossen werden konnte und musste. Es bleiben gleichwohl eine Menge von Stoffen zurück, welche Gegenstand technischer Ausbeutung sind und zugleich nicht ohne wesentliche Beihülfe der Geologie gehörig behandelt werden können, und unter ihnen sollen zunächst die sämmtlichen für alle Zweige der Bauwissenschaft nothwendigen Materialien zusammengefasst werden. Zunächst folgen die von der Natur direkt und fertig gelieferten Bausteine im weitesten Sinne.

Die Steinbrüche werden im Allgemeinen ohne Beihülfe unterirdischer Anlagen, als Tagebaue, angelegt und weiter geführt, bis die fast überall vorhandene Decke von nicht nutzbarem und nur wegzuschaffendem Materiale, die sogenannte Abkummerung, eine ungebührliche Mächtigkeit erreicht. Alsdann tritt der Fall ein, dass die Gewinnung des nutzbaren Materiales durch den Kostenzuwachs in Folge der Abkummerung zu theuer wird; es bleibt dann zu untersuchen, ob die Einführung unterirdischer Wege und unterirdischen Abbaues die Kosten der Gewinnung in genügendem Grade vermindert, oder ob auch auf diesem Wege der Betrieb zu kostspielig ist und demnach gänzlich liegen bleiben muss. Offenbar lassen die hier in Betracht kommenden Fragen verschiedene Beantwortung

zu, je nachdem der Preis des zu gewinnenden Materiales sich ändert. Brüche, welche in früheren Zeiten liegen blieben, werden, falls das Material seltner und theurer wird, oft wieder aufgenommen; manchmal ermöglicht eine früher unbekannte oder nicht beachtete, oft ganz einfache technische Vorrichtung die Fortsetzung eines Bergwerksbetriebes. So ist z. B. der Abbau der bereits früher erwähnten Sandsteine an der Porta westphalica durch Einführung bergmännischen Betriebes unter Stehenlassen der — hier etwa 15 Meter Höhe messenden, demnach durch andere Vorrichtungen nicht leicht zu ersetzenden — Bergvesten bis zu einer früher nicht gekannten Ausdehnung gediehen. Die Anlage von Schienenwegen, meist kleinen Profils, wird mitunter unabhängig von der der Stollen, in solchen Stollen aber wohl stets gemacht. Manchmal ist der Grund des höheren Aufschwunges eines Bruches nur der, dass man die über den nutzbaren Steinen befindlichen Massen verwerthen lernt, z. B. die schlechteren, zerklüfteten Steine zu Chaussirungen der Abfuhrwege.

Im Ganzen lässt sich hinsichtlich der Abkummerung, von deren Grade das Fortbestehen eines Steinbruchbetriebes häufig abhängt, die Regel aufstellen, dass sie eine mässige Ausdehnung inne zu halten pflegt, wenn sie nur aus verwittertem Gesteine derselben Art besteht, wie es im Bruche gewonnen wird. Lagert jedoch ein anderes Gebirgsglied über dem Steinbruchmateriale, so kann beim Fortgange des Betriebes jenes deckende (hangende) Glied sehr rasch an Dicke zunehmen. Am stärksten wird dies der Fall sein, wenn die deckende Schicht — oder die Schichtung überhaupt — in entgegengesetzter Richtung einfällt, wie die Oberfläche des Steinbruchterrains, welchen Fall Fig. 49 darstellt. Hier steigt von *c* an die Neigung eines Berghanges, an welcher der Bruch *a* angelegt ist. Ueber den festen Bänken desselben lagern lockere Geröllschichten, welche mit geringem Einfallwinkel in der der Böschung abgekehrten Richtung sich senken. Die Abkummerungsmasse wächst daher in bedeutendem Grade mit jedem Fortschritte des Steinbruchs. Offenbar würde aber annähernd dasselbe stattfinden, wenn die Schichten *d* und die Oberfläche der Steine *a* horizontal oder söhlig wären, ja in gewissem Grade selbst dann noch, wenn die Schichten *d* sammt der oberen

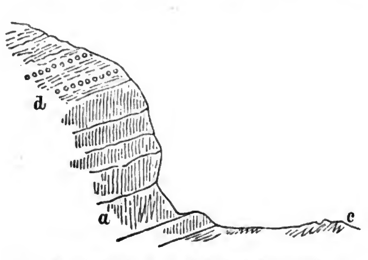


Fig. 49. Steinbruch in einfallenden Schichten.

Abgrenzung der nutzbaren Steine nach derselben Richtung, wie der Berghang, nur minder stark, geneigt wären.

Wenngleich es in Bezug auf dieses Verhalten der Abkummerung an sich nicht unbedingt maassgebend ist, ob das Gestein des Bruches geschichtet oder nicht geschichtet ist, vielmehr der in Fig. 49 dargestellte ungünstige Fall auch sehr wohl bei Brüchen in massigem Gesteine eintreten kann, so findet dies doch immer seltener statt, als im geschichteten Gebirge, und somit zeigt sich hierin schon ein gewisser Gegensatz der beiden Hauptkategorien von Gesteinen, den wir näher ins Auge zu fassen haben.

Die Brüche im massigen Gebirge haben den Nachtheil, dass über ihre Ausdehnung in Länge und Breite bei Weitem nicht mit der Bestimmtheit ein Schluss gezogen werden kann, wie bei der Ausbeutung von Schichten; dagegen sind sie über ihr — gewöhnlich durch Hebung des Terrains oder doch durch gewisse Abschnitte in einem grösseren Gebirge bezeichnetes — Gebiet nicht bloss in einem beschränkten Niveau, wie die Schicht, sondern meist in beträchtlicher und nach abwärts anscheinend unbegrenzter Mächtigkeit vorhanden. Auch nach oben hin verhalten sie sich, wie bemerkt, in vielen Fällen günstiger, wenn auch manchmal eine dickere Lage von Lehm oder dergleichen, und nicht blos Verwitterungsboden auf ihnen ruht. Wird solche Lage von Lehm sehr mächtig, so beschränkt sie von selbst die Gewinnung auf die Punkte, an denen das Massengebirge sich insel- oder kuppenförmig hebt, wie dies z. B. bei den Porphyren um Halle, Grimma u. s. w. sehr gut zu beobachten ist. Obgleich auf grosse Erstreckung hin der Porphyr unter der Decke des Schwemmbodens ebenso gut vorhanden ist, als auf den kleinen Hügeln, welche zur Anlage von Brüchen Veranlassung geben, so finden sich die Brüche ausschliesslich auf den Hügelkuppen, z. B. auf der Anhöhe von Landsberg, dem Schwertzer Berge, dem hohen Petersberge, dem Galgenberg nächst Halle, und ausserdem nur an dem entblössten Steilufer der Wasserrisse, z. B. des Saalethales. Anders ist es in hügeligen oder gebirgigen Landschaften, z. B. in der Gegend um Meissen und Dresden oder an mehreren Punkten des Harzes u. a. O., wo grosse Partien des Gebirges ganz und gar aus Massengestein gebildet sind und dessen massige Stöcke, wie z. B. der des Gabbro unweit Harzburg, von jedem Wasserrisse aus angegriffen werden können. Allerdings zeigt sich hier manchmal, wie doch selbst der blosse Verwitterungsboden in den gegen die Abschwemmung desselben geschützten Waldgebirgen nicht ganz unbeträchtliche Dimensionen erreichen kann; doch werden im Ganzen sich die überschwemmten Massen (Fluthschuttboden, Diluvialsand und Lehm) oder die übergeweheten Lösslagen ungünstiger verhalten, als der Grundschutt. Aehnlich den

Gabbros verhalten sich die Granite, welche ebenfalls am Harze, ferner in Thüringen, Sachsen, der Lausitz, Schlesien u. s. w. brechen, die Porphyre vom Harz und vielen Punkten Sachsens und Thüringens, die Syenite (bei Dresden u. s. w.), viele Trachyte (Siebengebirge), Dolerite (Hessen u. s. w.), Basalte (Rheinland, Hessen, Rhön, Sachsen und Böhmen, vergl. Fig. 2), Klingsteine (Lausitz, Böhmen) und andere massige Gesteine.

Der Mangel der Schichtung ist bei allen diesen Brüchen nicht grade immer von Vortheil; in einzelnen Fällen jedoch begünstigt er, wenn zugleich keine Klüftungen vorhanden sind, die Anfertigung von grossen Werkstücken, sowohl von solchen, die constructiv nothwendig sind, wie von Fensterstürzen, monolithischen Pfeilern und Säulen, von Unterlegquadern unter schwere Brückenträger, als auch von solchen, die zu rein ornamentalen Zwecken angefertigt werden, wie z. B. von Postamenten für Bildsäulen. Der Schliff, den viele dieser Steine annehmen, namentlich die meisten Granite, Syenite, Gabbros, Diorite, Serpentine und viele Porphyre, begünstigt diese Art der Verwendung grosser Stücke in hohem Grade. Für Gemäuer ist indessen die Herstellung wagerecht durchgehender Fugen mit Schwierigkeit verbunden und man begnügt sich häufig (z. B. bei den Granitfindlingen der norddeutschen Ebene, beim Porphyr und Granit der mitteldeutschen Berge) mit sogenanntem cyclopischen Mauerwerk, in welchem alle Fugen in beliebiger Richtung gehen und die Stirnansichten sämmtlicher Steine unregelmässige Vielecke zeigen. Dass die Absonderung sowohl günstig, als ungünstig wirken kann, ist wohl selbstverständlich; die plattenförmige Absonderung der Klingsteine, mancher Porphyre u. s. w. begünstigt nicht nur das Gewinnen, sondern auch die Anfertigung von Kanaldeckplatten (vgl. S. 205), die säulenförmige des Basaltes giebt Veranlassung zu billiger Herstellung von Prellsteinen, Grenzsteinen u. s. w. Schalige Absonderung dagegen ist schädlich; ebenso die unregelmässige.

Der hohe Grad der Cohäsion, welchen die unverwitterten Gesteine dieser Art zeigen, stellt sie fast sämmtlich in die 6te Kategorie (vgl. Abschn. II, Kap. 1). Die Tragfähigkeit (Druckfestigkeit, vgl. Abschn. II. an verschiedenen Arten) ist, sofern Klüftung und Verwitterung ausser Spiel bleiben, grösser, als bei den Schichtgesteinen, bei Granit etwa 5000 Kilo auf einen Quadratzoll oder etwa 700 Kilo à Quadratcentimeter, ein Werth, dem nur die besten Materialien aus dem Schichtgebirge gleich kommen. Syenit ist etwa gleich, eher noch ein wenig höher, die mit glasiger Grundmasse versehenen Basaltgesteine aber haben in guten Stücken oft reichlich die $2^1/_2$fache Tragfähigkeit. Was die Verwitterbarkeit betrifft, so ist sie sehr verschieden, oft sehr gering, aber doch nicht ganz so unbedeutend, wie man gewöhnlich annimmt. Viele der älteren dichten Gesteine

und die mit ziemlich frischer dichter Grundmasse versehenen porphyrischen sind oft scheinbar sehr wetterfest; allein da, wo sie stärker in Anspruch genommen werden (z. B. als Pflastersteine), zeigt sich doch, dass sie ziemlich bedeutend sich abnutzen und weit mehr, als die blos mechanischen Kräfte es veranlassen könnten. Die Köpfe solcher Pflastersteine schleifen sich oft in sehr unangenehmer Weise glatt. Viel besser erhalten sich dichte und porphyrische Gesteine, welche eine unentglaste Grundmasse enthalten, namentlich die Basalte; jedoch sind bei starker Benutzung auch die aus ihnen gefertigten Pflastersteine dem nämlichen Uebelstande, dem Glattreiben, unterworfen. Körnige, besonders grobkörnige Gesteine, aber auch manche von denen, welche einzelne grobe Krystalle enthalten, wie z. B. viele der rheinischen Trachyte, lassen leicht einzelne Mineralien gradezu auswittern und zerfallen dadurch; andere körnige Gesteine, besonders Granite, können jedoch zu den wetterbeständigsten gezählt werden. Allerdings ist dies immer nur relativ aufzufassen, indem z. B. dieselben Lausitzer Granite, aus welchen die Pfeiler grösserer Brücken und Viadukte gebaut sind, an vielen Stellen (vgl. S. 129, Fig. 19), eine sehr breite Lage verwitterter Massen desselben Granites über sich haben. Ganz besonders ungünstig verhalten sich solche Massengesteine, bei denen die Verwitterung bereits vor dem Brechen eingeleitet war, halb kaolinisirte Porphyre und andere Feldspathgesteine, mürb gewordene Melaphyre u. dergl.

Die Materialien, welche man aus den Massengesteinen gewinnt, sind — trotz der oben berührten Uebelstände — gewöhnliche Bausteine, die der Granit, Porphyr, Trachyt, Dolerit, auch Phonolith zu liefern pflegt, ferner sehr oft Pflastersteine, aus Granit, Syenit, Diabas, Gabbro, Basalt, gelegentlich aus Melaphyr u. dergl., besondere Werkstücke, wie die früher — beim Canalbaue — und soeben erwähnten granitischen Platten und Deckquader für Trottoirs und Canäle, Monolithe, Treppenstufen, Pfosten u. s. w., ähnliche Platten aus Klingstein, längliche Werkstücke aus Basaltsäulen, Postamente aus Diorit, Diabas, Gabbro, Syenit neben denen aus Granit, Zierstücke aus allen letztgenannten Materialien und aus Serpentin, seltener aber Quader zu dem eigentlichen Quaderbau — aus demselben Grunde, aus welchem Bruchsteine mit parallelen Flächen verhältnissmässig selten aus Massengestein hergestellt werden — häufig jedoch mit erheblichem Vortheile Schottersteine oder Schlagsteine zum Chausseebau und Wegbau, von Gabbro, Diabas, Diorit, Basalt. Jedoch ist die Anwendung angewitterten Materials, dessen Zersetzung durch die Zerkleinerung sehr beschleunigt wird, zu vermeiden, und namentlich sind Porphyr und Melaphyr meist ziemlich unzweckmässig, während Granit und Syenit sich in manchen derartigen Fällen noch günstig verhalten.

Die Steinbrüche im geschichteten Gebirge sind hinsichtlich ihres Betriebes und Werthes durchaus abhängig von dem Streichen und Fallen der Schichten, um die es sich handelt.

Sehr häufig werden dieselben an solchen Stellen angelegt werden müssen, wo die Schichten ausgehen, sei dies an künstlichen oder natürlichen Böschungen der Berge, an Strasseneinschnitten oder Wasserrissen u. dergl. Dabei kann von vornherein dreierlei örtliches Verhalten der auszubeutenden und über- und zwischenlagernden Schichten stattfinden, selbst wenn wir zunächst von der Möglichkeit einer abweichenden Lagerung oder Diskordanz der Schichten und des Vorkommens von Verwerfungsspalten absehen. Der erste Fall ist der in Fig. 49 (S. 222) dargestellte, dass die Schichten von der Entblössungsstelle in den Berg hinein einfallen; er ist zwar ein überaus häufiger, aber keineswegs sehr günstiger Fall, indem die nutzbaren Schichten sich beim Fortgange des Betriebes immer

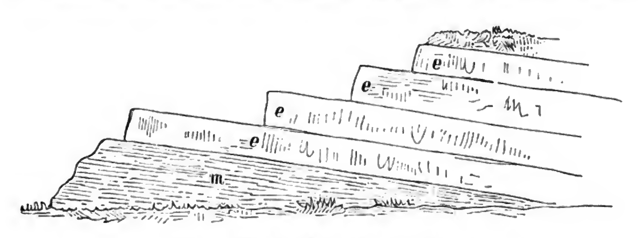


Fig. 50. Steinbruch in Bänken (Stufen).
e **Bänke festen Muschelkalkes, Encrinitenschichten.** *m* **Milder Mergel.**

tiefer senken. Gesellen sich also nicht etwa höhere nutzbare Schichten zu den alten, ursprünglich angegriffenen, so wird ohne Frage die Abkummerungsmasse bald eine übermässige, zudem die Emporschaffung der gebrochenen Steine immer kostspieliger und weitläufiger; schliesslich macht sie, falls es sich um Gewinnung grösserer Werkstücke handelt, maschinelle Vorrichtungen zum Hinaufschaffen derselben, auf der schiefen Ebene der Schichtflächen, nothwendig. Dies führt bei gleichmässiger Festigkeit der Schichten einer Steinbruches zu der Bearbeitung desselben in Stufen (Bänken), Fig. 50, die indessen nur bei geringerem Einfallwinkel ihre volle Anwendbarkeit hat. Mit dem Steigen dieses Winkels wird der Betrieb immer schwieriger. Wenn der Einfallwinkel ein grösserer ist, als etwa 30°, ein Werth, der im Flötzgebirge durchaus nicht selten vorkommt, so wirkt dies bereits sehr hinderlich, während Winkel von etwa 10°, wie in Fig. 50, noch nicht als sehr ungünstig bezeichnet werden können. Sehr steile Winkel, wie sie im Hügellande selten, im Hochgebirge dagegen

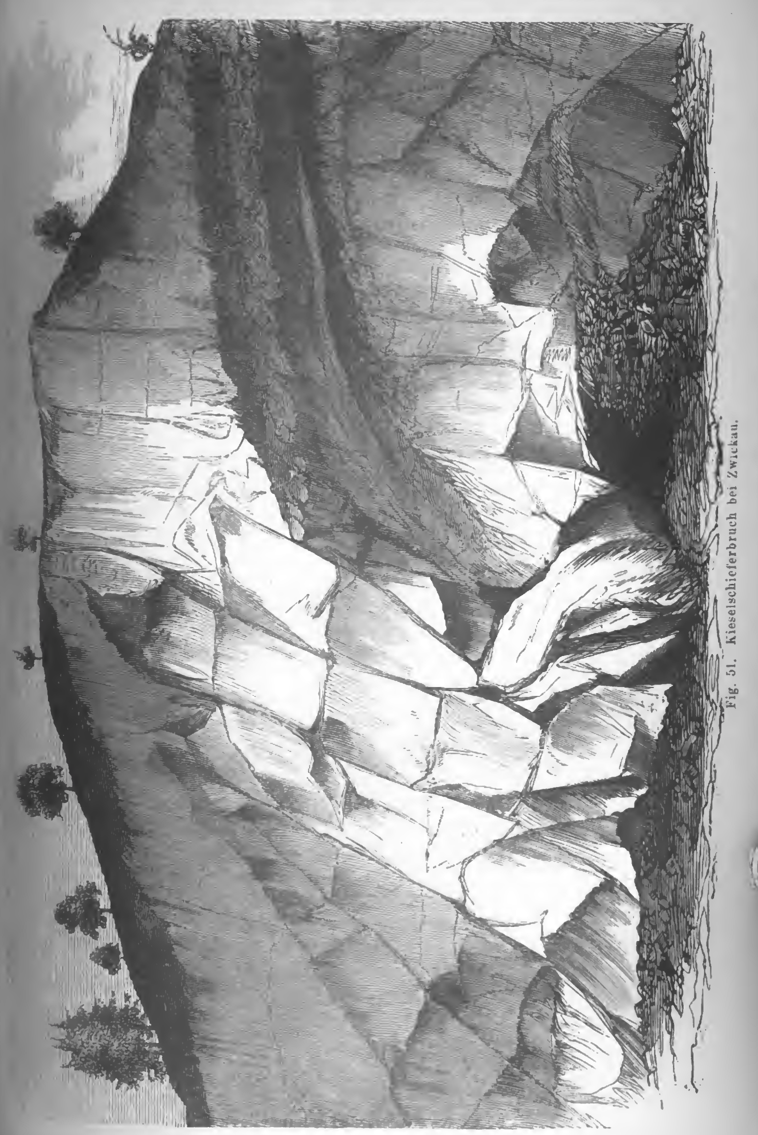


Fig. 51. Kieselschieferbruch bei Zwickau.

öfter vorkommen, behindern den Betrieb in der Richtung des Einfallens sehr bald, und muss man alsdann z. B. bei dem Ausbeuten der in Fig. 51 dargestellten Kieselschiefer älterer Formationen bei Zwickau, mancher Dachschiefer, Glimmerschiefer und anderer



Fig. 52. Der schwarze Marmorbruch bei Rübeland im Harz.

krystallinischer Schiefer in den Alpen, in Skandinavien (vergl. Fig. 57, S. 233), der krystallinischen Kalke, der Kalke älterer (namentlich devonischer) Formation, wie in Fig. 52, von einer Schicht auf die nächsthöheren successiv fortschreiten. Dies Verfahren gewährt zwar

nicht den nämlichen Grad von Sicherheit hinsichtlich der Qualität des Materials, hat aber in vielen Fällen, z. B. grade in den sehr mächtigen älteren Schiefergebirgen, keine erheblichen Nachtheile.

Den entgegengesetzten Fall stellt Fig. 53 dar. Hier fallen die Schichten gegen die Bruchstelle ab; der Fortgang des Betriebes geht, den Schichtflächen folgend, nach oben hin. Daher hat man weder im Allgemeinen die ungebührliche Zunahme der Abkummerungsmassen wie in Fig. 49 zu befürchten, noch tritt die Nothwendigkeit beträchtlichen Kraftaufwandes beim Fördern der gebrochenen Massen ein; jedoch zeigt schon ein Blick auf die Abbildung, dass die zu gewinnenden Schichten in einiger, oft in ziemlich geringer Entfernung ein Ende nehmen. Kann man daher nicht auf die nächsttieferen Schichten überspringen, ist also z. B. das Liegende eines Systems von nutzbaren Kalksteinen ein unbrauchbarer Thonmergel, so hat man das Steinbruchmaterial oft zu früh erschöpft, als dass sich die

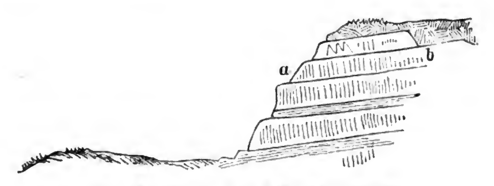


Fig 53. Steinbruch in abfallender Schicht.

Anlagekosten rentirt hätten. Selbst dann, wenn sich die Ausdehnung einer bestimmten Schicht, z. B. von *ab* in Fig. 53, als genügend gross herausstellen sollte, ist immer noch zu prüfen, ob nicht in der Nähe der Oberfläche des Terrains bei *b* eine Verschlechterung der Beschaffenheit der Steine durch die Einflüsse der Verwitterung sich zeigt.

In Folge dieses Verhaltens, des Auslaufens der Schichten nach oben, tritt für sehr steile Winkel der nämliche Fall ein, wie bei der umgekehrten Richtung des Einfallens; die einzelne Schicht kann nicht verfolgt, die Steinbrucharbeit muss auf die Nachbarschichten, hier auf die nächsttieferen, successiv sich ausdehnen (vgl. ebenfalls S. 233).

Ein wohl zu berücksichtigender Nachtheil des in Fig. 53 dargestellten Falles ist die Neigung der Schichten zum Abrutschen. Bei steileren und mittleren Winkeln kann dieselbe leicht Unglücksfälle herbeiführen; die Bewegung von Gesteinsmassen, welche durch die Reibung auf ihrer Unterlage nach absichtlicher oder zufälliger, oft schon seit langer Zeit bestehender, aber der Beobachtung sich leicht entziehender Zusammenhangstrennung nicht mehr gehalten werden,

tritt alsdann oft plötzlich ein. Minder gefährlich sind Brüche, in denen die Neigung der Schichten nach der Bruchstelle zu eine geringe ist, indem dann stets Risse oder Schrunden im überliegenden Erdreich und zunehmende Spalten im Gestein zuvor warnen, die Bewegung selbst, der Sturz, auch nur langsamer vor sich geht oder doch langsam beginnt. Ist aber eine solche Bewegung einmal im Gange, so kann sie in jedem Falle, selbst bei einer geringen 10° nicht übersteigenden Neigung der Schichten, gewaltige Dimensionen annehmen und zu sehr unangenehmen Resultaten führen. Dies ist wenigstens immer dort zu befürchten, wo sich thonige oder mergelige Unterlagen oder Zwischenlagen zwischen festeren Schichten vorfinden, und ist es mindestens in solchen Fällen durchaus nothwendig, sowohl hinsichtlich des Baues des Gebirges vor Eröffnung des Betriebes Untersuchungen über die mögliche Ausdehnung von Bergrutschungen anzustellen, als auch während des Betriebes stets ein Auge auf dies so ermittelte Gebiet zu richten. Es versteht sich von selbst, dass man die Schichten des Bruches nicht bis zu einer Tiefe angreifen darf, welche Bergrutschungen (in der Richtung *b* der Fig. 53 hin) zur Folge haben kann, die nicht mehr oder nur mit unverhältnissmässigen Kosten zu bewältigen sind. Es ist zwar nicht wahrscheinlich, aber doch nicht absolut unmöglich, dass durch Unvorsichtigkeiten in dieser Beziehung wahre Calamitäten verursacht werden, und sollte deshalb schon der Ertheilung von Concessionen eine geognostische Begutachtung hervorgehen. (Vgl. auch Fig. 28, S. 154.)

Der dritte Fall ist der, dass die Schichten völlig oder fast horizontal gegen die Angriffsfläche liegen, sei es nun, dass sie an sich ganz oder fast söhlig abgelagert sind, oder dass, wie in Fig. 54, die Schichten zwar stärker geneigt sind, aber in der (auf den Fallwinkel rechtwinkelig stehenden) Richtung des S t r e i c h e n d e n, also horizontal, angebrochen werden können. Den letzteren Fall wird man sich in vielen Fällen im Verlaufe der Zeit auch bei solchen Brüchen, wie sie Fig. 49 und 53 darstellen, künstlich verschaffen können, wenigstens zum Theile, indem man nach Herstellung einer tief in das Terrain einschneidenden schmaleren Bruchstelle dieselbe nach einer oder beiden Seiten hin erweitert. Grössere Brüche leiden in Folge dieses sehr allgemein üblichen Verfahrens weniger durch die oben angegebenen Nachtheile, als kleinere. Die Seitenflächen bieten alsdann eine ähnliche Ansicht, wie Fig. 54. Es ist klar, dass in diesem Falle der Betrieb wenigstens in einer Richtung, eben in der des Streichenden, keine durch den Schichtenbau gesteckte Grenze hat; die einzigen Beschränkungen, welche ausser durch die Eigenthumsgrenzen und dergleichen künstliche Verhältnisse gesteckt werden, liegen in den Unregelmässigkeiten der Lagerung (wie wir sie alsbald zu besprechen haben werden) und in

den Wegwaschungen von Material, die etwa in dem Gebirge stattgefunden haben. Ein Fall dieser Art liegt vor, wenn ein Querthal durch ein Schichtgebirge gerissen ist, wie z. B. das der Weser oberhalb Minden durch das Wesergebirge. Die Brüche in den Schichten dieses Wesergebirges hören bei der Querschlucht der Porta plötzlich auf; die Schicht selbst beginnt jenseit des Querthales wieder im Wesentlichen in derselben Streichrichtung, und dies ist am Südhange, der die Köpfe der einfallenden Schichten zeigt, bei vielen dieser Schichten auch in den kleineren Querrissen der Fall. Da, wo die Tagewässer solche Risse gemacht haben, ist selbverständlich das Material des Gebirges einschliesslich der festeren, brauchbaren Schichten hinabgefördert, so dass eine genaue örtliche Untersuchung der anstehenden Schichten erforderlich ist, um die Mengen der zu brechenden Gesteine richtig taxiren zu können.

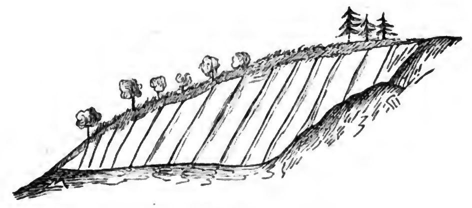


Fig. 54.

Sind die Schichten söhlig, so findet die Ausbreitung derselben auch nach den übrigen Richtungen statt, daher Brüche in nahezu horizontal gelagerten Stellen des Schichtgebirges im Allgemeinen die besten und mit Recht die gesuchtesten sind.

Die Verwerfungen oder Rücken im Schichtgebirge sind theils vortheilhaft, theils nachtheilig für Steinbrüche, stets aber wichtig und durchaus nach Möglichkeit vorher zu ermitteln. Hierbei muss man allerdings von sehr kleinen Verwerfungen absehen, die man der Regel nach nicht im Voraus berechnen oder construiren kann, sondern erst nach Entblössung der betreffenden Gesteinspartie findet. Dies ist schon deshalb nicht wohl anders möglich, als die Fallwinkel und die Streichrichtungen selten ganz regelmässig sich über ein weiteres Terrain fortsetzen, sondern nur einen ziemlich constanten Mittelwerth zu zeigen pflegen. (Vergl. darüber Abschnitt I, Kapitel 2.) Grössere Verwerfungen sind dagegen meist leicht zu ermitteln, wenn man die Schichten der Beschaffenheit und Mächtigkeit nach aufmerksam beobachtet und besonders ihre Reihenfolge

ins Auge fasst. Die Rücken können ins Liegende und ins Fallende hineinspringen. Fig. 55 stellt, in der Richtung des Einfallens gerechnet, eine Verwerfung ins Liegende, Fig. 56 eine Verwerfung bei umgekehrter Richtung gegen den Einfallwinkel dar. Beim Betriebe von der rechten Seite her würde Fig. 55 eine Verwerfung ins Hangende darstellen, u. s. w. Mitunter hält die genaue Feststellung des Grades, um den die Schichten verworfen sind, schwer; so könnte man — während in Fig. 55 die ganze Schichtenfolge deutlich zu sehen und kein Raum für irgend einen Zweifel übrig ist — in dem Fig. 56 dargestellten Fall anfangs vielleicht schwanken, ob man das Maass der Verwerfung nicht auf die Höhe *xy* zu beschränken habe, sobald nämlich die Gesteinsbeschaffenheit der Schichten *a'* und *b* annähernd dieselbe und die Mächtigkeit und das Liegende von beiden nicht zu beobachten ist. Bei genauerer Untersuchung würde sich dann aber eine vollkommnere Uebereinstimmung zwischen *a'* und *a*, vielleicht auch eine Identität der über beiden

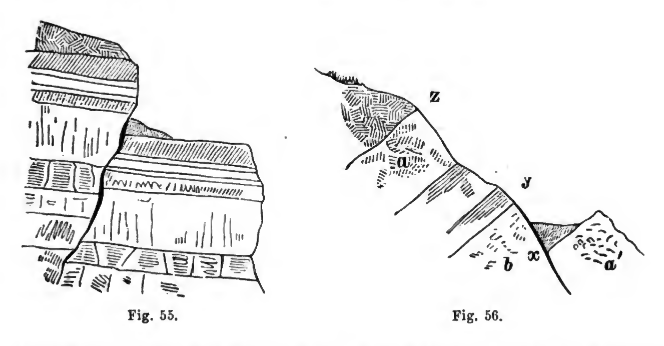


Fig. 55. Fig. 56.

befindlichen Reste des Hangenden und zugleich eine Verschiedenheit derselben von den über *y* befindlichen Schichten herausstellen; endlich könnte ein Aufschluss an einer anderen naheliegenden Stelle den Einblick in die Schichtenfolge unterhalb *a'* ergänzen, nach dem man daher auch ganz besonders zu suchen haben würde. Aus allen diesen Momenten würde dann zu schliessen sein, dass nicht die Linie *xy*, sondern vielmehr *xz* das Maass angiebt, um wie viel die Schichten ins Hangende sich verwerfen.

Die Verwerfungen sind in einer Beziehung unbedingt nachtheilig, nsofern sie Veranlassung zu Bergstürzen und Rutschungen werden können; im Uebrigen gleichen Verwerfungen, wie sie Fig. 56 darstellt, die Nachtheile beider Arten von Brüchen, wie sie Fig. 49

und 53 darstellen, in gewissem Grade aus, während Verwerfungen der Art, wie sie Fig. 55 angiebt, dieselben mehren.

Sehr häufig dehnen sich die Rücken nicht über die ganze Masse eines Gebirges aus, sondern ziehen sich nur von einer quer auf sie gerichteten Spalte bis zu einer andern, ebenfalls quer auf sie gerichteten, ein Umstand, auf welchen bei Begutachtung der Brüche und ihrem Betriebe wohl zu achten. (Vergl. ebenso Abschnitt I, Kapitel 2.)

Die vielfachen Faltungen, Umbiegungen und Knickungen der Schichten kommen bei dem Betriebe von Steinbrüchen verhältnissmässig selten in Betracht, am öftesten wohl noch bei den Brüchen in dem älteren Schiefergebirge, in welchem der grösste Theil der Dachschiefer bricht. Es combiniren sich dann die verschiedenen Arten des Schichtenfalles gegen die Bruchfläche mit ihren Vorzügen und Nachtheilen; überwiegend findet aber eine steile Aufrichtung statt, deren Folgen wir oben bereits ins Auge gefasst. (Vergl. Fig. 57, Dachschieferbruch in Südengland, nebst S. 228 und 229.)

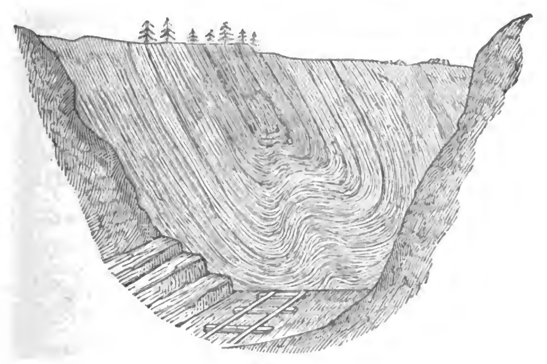


Fig. 57.

Abweichende Ueberlagerung der Schichten oder Discordanz kommt in verschiedener Weise zur Geltung. Sie ist besonders der genauen Ermittelung der zu gewinnenden Massen hinderlich, da eine Discordanz die Schichten in einem nicht von vornherein zu berechnenden Niveau abschneidet und durch solche einer verschiedenen Formation ersetzt. Im Allgemeinen lagert, wie wir gesehen haben, jede grössere Abtheilung des Schichtgebirges oder Formation diskordant auf irgend einer anderen, obgleich zwei aufeinanderfolgende For-

mationen des Schichtgebirges auch concordant einander folgen können. Innerhalb der Formationsgrenzen herrscht im Allgemeinen Concordanz; nur ausnahmsweise können, wie ebenfalls oben gezeigt, kleinere Abtheilungen discordant innerhalb derselben grösseren Formation auf einander lagern. Absolute Sicherheit der Fortdauer der Concordanz hat man, wie S. 110 bemerkt, nach oben, nach dem Hangenden zu, nirgend, indem begreiflicher Weise jede noch so vollständig entwickelte Schichtenfolge später angegriffen und theilweise weggeführt sein kann, bevor sich in späterer Zeit — selbstverständlich diskordant — eine neue Ablagerung über sie deckte. Dagegen kann man nach abwärts immer bis zu dem nächsten wichtigen Theilstriche auf concordante Schichtenfolge rechnen. Beispiele dafür ergeben sich aus dem oben Gesagten, sowie aus der in Fig. 5 gegebenen Abbildung. Die für Deutschland wichtigsten Discordanzen zwischen den Schichtabtheilungen sind S. 108 angegeben. Für Steinbrüche sind die Discordanzen über den nutzbaren Schichten immer die wichtigsten; so ist es für die devonischen Kalke des Harzes und Rheinlandes, für die Muschelkalksteine vieler Gegenden Deutschlands sehr wichtig, dass die Formation, welcher sie angehören, bis auf eben diese widerstandsfähigen Schichten abgetragen ist, und dass sich über denselben — da die Grösse der Schichtenlücke an einer discordanten Auflagerungsstelle von vornherein gar nicht zu bestimmen — oft nichts, oft nur eine geringe Partie Schwemmlandes findet. Dieser Art sind auch die Flötzgebirgsinseln in der norddeutschen Ebene — wie z. B. die Kreide und Trias von Lüneburg, die Sperenberger Gypse und der Rüdersdorfer Muschelkalk unweit Berlin, der Jurakalk in Pommern —, welche bei dem Mangel an festeren Gesteinen dort doppelten Werth haben. Minder häufig findet sich solche Entblössung im Gestein, welches durch anderes Gestein von ähnlicher Festigkeit überlagert ist, z. B. bei den oberjurassischen Dolomiten. Ueber das eigenthümliche Verhalten des Quadersandsteins ist bereits oben das Nöthige mitgetheilt.

In dem Auftauchen nutzbarer Gesteine inmitten jüngerer Formationen liegt einer der Hauptpunkte, in welchen die Discordanzen einen günstigen Einfluss für die Gewinnung von Steinen ausüben. Doch ist leicht zu ersehen, dass ein solcher Einfluss in ganz ähnlicher Weise auch in kleinerem Maassstabe sich äussern kann, dass also (wie z. B. S. 105 in Fig. 4, nicht minder in der folgenden Figur 58) die nutzbare Menge von Gestein viel grösser ausfallen kann, wenn der Löss, oder auch Lehm, Diluvialsand, discordant über einfallende Schichten sich breitet, als wenn unbrauchbare Gesteinsschichten sich concordant auflagern, wie z. B. dünne, plattenartige Bänke auf die mächtigen Encrinitenbänke im Muschelkalk,

oder thonige Schichten auf die Sandsteine des Rhät oder Oberkeuper u. dergl. m.

Selten sind die sämmtlichen Schichten eines Bruches zu verwerthen; sehr häufig haben Zwischenschichten eine ganz andere Beschaffenheit, als die eigentlichen Objecte des Steinbruchbetriebes, und es kann sich ereignen, dass diese Zwischenschichten an Masse bedeutender sind, als die nutzbaren Schichten. Oefter lassen sie noch eine untergeordnete Benutzung zu, z. B. in solchen Kalkbrüchen, wo neben Bausteinen auch Kalk zum Brennen, Mörtelkalk, gewonnen wird; in andern sind sie nur Hinderniss, wie z. B. in manchen Oolithbrüchen der Buntsandsteinformation (Fig. 58), in welcher meist kleinere Schichtsysteme von Oolith, oder auch einzelne Bänke theils von geringer, theils von beträchtlicher Mächtigkeit

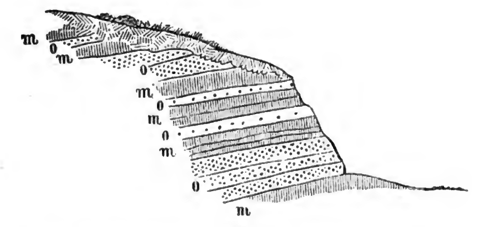


Fig. 58.
Bruch im Oolithe der Buntsandsteinformation. *o* — Bänke festen röthlichen Oolithes, *m* — Zwischenschichten thonigen rothen Mergels.

durch werthlose, mürbe Mergel, meist sandig-kalkiger Beschaffenheit, von einander getrennt werden. In anderen Fällen ist der Unterschied nicht so augenfällig, aber doch eben so wichtig, wenn nämlich Steine anscheinend ähnlicher Beschaffenheit, aber hygroskopisch und daher — wie oben auseinandergesetzt — nicht „frostfrei", zwischen den brauchbaren sich befinden. In diesem Falle ist das einfachste und zugleich sicherste Mittel, die Steine einen Winter hindurch lagern zu lassen. Was sich nach einem auch nur einigermaassen harten Winter gehalten hat, kann man mit Sicherheit verwerthen. In neu angelegten Brüchen herrscht daher, wenn man nicht benachbarte ältere Brüche im nämlichen Gestein zum Vergleiche hat, eine gewisse Unsicherheit während des ersten Betriebsjahres; später gewinnen die Arbeiter meist eine ziemlich sichere empirische Kenntniss der einzelnen Gesteinsarten. In vielen Fällen ist man aber zur sofortigen Benutzung ganz frisch gebrochener Steine genöthigt, und dann hat man theils durch eine äusserliche mineralogische Untersuchung unter

Zuhülfenahme der Kennzeichen für Thongehalt (Thongeruch, Weichheit oder Zerreiblichkeit), theils durch ein Experiment, welches die Einwirkung des Eises nachahmt, die Steine sorgfältig zu sortiren. Es kommt dabei immer noch vor, dass schlechte Steine oder gar Schichten unterlaufen; immerhin gewährt aber dieses Experiment annähernde Sicherheit. Es besteht darin, dass man Stückchen der Steine in eine Lösung von irgend einem Salze (Glaubersalz, Vitriol, Alaun oder dergl.) taucht und sie von ihr durchtränken lässt, dann sie trocknet und aufs Neue eintaucht; dies wiederholt man einige Male und legt sie schliesslich in Wasser. Je stärker nun das Quantum von Steinmasse ist, welches auf diesem Wege von den Stückchen getrennt, abgelöst wird, desto weniger frostfrei ist der Stein. So lange nämlich die blosse Porosität in Betracht kommt, vermag die Ausdehnung der beim Trocknen auskrystallisirenden Salze den Stein nicht wirklich zu zersprengen; kommt aber die Wasseransaugungskraft thoniger Beimengungen hinzu, so findet das Entgegengesetzte statt. Die Imprägnation ist jedoch nicht so vollständig, als bei langem Liegen in Wasser, die Ausdehnung des letzteren beim Gefrieren noch mächtiger; daher wird durch das Experiment gewöhnlich, selbst bei schlechten Steinen, nur ein Theil an der äusseren Seite abgelöst, und ein einigermaassen grosses Quantum dieses abgetrennten, pulverigen oder schuppenförmigen Materials zeigt schon einen vollständigen Mangel der Frostfreiheit an. Dem Thone ganz ähnlich verhält sich das Eisenoxydhydrat, und ist dies einer der vielen Gründe, aus welchen eisenschüssige Steine leicht unbrauchbar werden. Ein zweiter ist das Oxydiren und Hydratisiren der geringeren Oxydationsstufen, während die Neigung des Oxydes zur Bildung des Hydrates, obwohl stets vorhanden, doch nicht sehr energisch und noch dazu häufig von anderen, das Wasser anziehenden Substanzen (Salzen) compensirt ist. Sehr unangenehm wirkt in vielen Steinen die Anwesenheit von Eisenkies (Doppelschwefeleisen), besonders als Markasit, indem dieser — wie oben näher auseinandergesetzt — stark zur Oxydation und zur Vitriolbildung geneigt ist. Dieser aber ist, gleich manchen der durch Zersetzung anderer Verbindungen mit ihm gebildeten Salze, hygroskopisch, und so kommt es vor, dass Gesteine, in welchen auch nur verhältnissmässig geringe Mengen Eisenkies vertheilt sind — wie z. B. die Sandsteine des oberen und mittleren Keuper in Westfalen und am Wesergebirge — nie wirklich trocken werden. Es ist daher von Wichtigkeit, die an dieser Substanz reicheren Schichten nur zu solchen Zwecken zu verwerthen, wo die ihnen anhaftende Feuchtigkeit nicht schadet, und nicht etwa zu Wohnhäusern. Dieser Uebelstand hat nicht mit Unrecht zum gänzlichen Verlassen mancher Steinbrüche geführt. Von grossem Werthe ist die Festigkeit der Steine,

über welche indessen bereits im Kapitel über Erdarbeiten und Canalbauten die nöthigen allgemeinen Mittheilungen gemacht sind, in Sonderheit auch über das Verhältniss der Zugfestigkeit gegen die meist in Anspruch zu nehmende Druckfestigkeit. Die geringere Härte und die mehr oder minder häufige Zusammenhangstrennung werden dagegen im Allgemeinen nicht als verschlechternd angesehen. Vielmehr gelten harte Steine, namentlich die sehr harten (quarzharten) Kieselschiefer, quarzitischen Sandsteine für schlecht zu bearbeiten, und sind sie nur als Schottersteinmaterial wirklich gesucht. Was aber die dickere oder dünnere Beschaffenheit der Schichten anlangt, so haben beide ihre besonderen Vortheile. Dünnbänkiges Gestein giebt Platten, Dachsteine; mässige (etwa $^1/_4$—$^1/_2$ Meter messende) Mächtigkeit der Bänke begünstigt die regelrechte Herstellung von gutem Bruchsteinmauerwerk; Dickbänkigkeit dagegen ermöglicht die Anfertigung starker Werkstücke (Quadern).

Was die einzelnen Kategorien der geschichteten Gesteine anlangt, so stehen als eigentliche Bausteine die Kalke und die Sandsteine obenan. Die Sandsteine haben quarzitisches, kalkiges oder mergeliges, auch eisenschüssiges Bindemittel und sind fein- oder grobkörnig. Die feinkörnigen, weniger porös und weniger zerreiblich, sind im Ganzen besser. Kalkiges Bindemittel giebt im Allgemeinen die vorzüglichsten Sandsteine, da das quarzitische die Bearbeitung hindert, bei mergeligem und eisenschüssigem aber die Festigkeit beeinträchtigt wird, abgesehen davon, dass auch die Frostfreiheit abhanden kommen kann. Die Festigkeit der Sandsteine ist sehr verschieden; man findet 700, 500 Kilo auf den Quadratcentimeter (7—8000 Pfd. à □ Zoll) und andrerseits nur 250 bis 175 angegeben. Im Allgemeinen möchten die letzteren Ziffern für die jüngeren Sandsteine zutreffend sein, für die festen Sandsteine der alten Formationen die ersteren. So kann man für guten Sandstein der Buntsandsteinformation 500 Kilo à Quadratcentimeter ansetzen. Werden die Sandsteine conglomeratartig, so bedarf es eines festeren Bindemittels, um sie nutzbar zu machen; daher unter solchen Steinen hauptsächlich die Grauwacken und die englischen Grits Verwerthung finden. Die Formationen, welche gute Sandsteine liefern, sind für Deutschland besonders die unterste und die obere Trias (Buntsandstein, sowohl mit grösseren Werkstücken, als mit plattenförmigen Schichten, die als Bedachungsmaterial, z. B. am Solling in Nordwestdeutschland, gesucht sind, Keuper- und Rhätsandstein), der braune und (untere) weisse Jura hie und da (Porta und Weserkette), die Wälderformation (Deistersandstein, Osterwaldsandstein), die Kreide in sehr reichem Maasse (Böhmen-Sachsen, Teutoburger Wald, Harzrand, letzterer in verschiedenem Niveau, in der unteren und in der oberen Kreide), die Tertiärbildungen weniger; sie liefern namentlich

nirgend Sandsteine von der Bedeutung, wie die tertiären Sandsteine der Umgegend von Paris. Indessen treten gelegentlich, in Böhmen, am Niederrhein u. s. w. gewöhnliche Sandsteine, meist von mürber Beschaffenheit, auf, in den Alpen die Molasse-Sandsteine, im Süden der Provinz Sachsen auch quarzitische Sandsteine in einzelnen Lagen zwischen lockerem Sande, die sogenannten Knollensteine, welche hin und wieder beim Wegbau Verwendung finden.

Die Kalksteine sind zunächst krystallinisch, dicht und oolithisch. Die krystallinischen, die eigentlichen Marmorarten, unter denen die weissen, zuckerkörnigen (edlen) die besten sind, erreichen unbedingt die Tragfähigkeit der besseren Granite; doch haben auch die dichten Kalke (gemeiner Marmor, wie der deutsche der Devonformation von Nassau und dem Harz, vergl. oben Fig. 52, ferner gute Schichten des Muschelkalkes) und nicht selten die Oolithe (Buntsandsteinoolithe, Juraoolithe) eine dem nämlichen Werthe von ca. 700 Kilo Tragfähigkeit à Quadratcentimeter ziemlich nahe kommende Druckfestigkeit (500 bis 600 Kilo auf denselben Querschnitt). Die krystallinischen und die älteren dichten Kalke bis einschliesslich zu manchen Jurakalken werden zugleich, da sie sich gut schleifen lassen, als Ziersteine (Marmor) verwerthet, sowohl zu Bauornamenten, als zu Tischplatten, Geräthen. Wenn viele lose gefügte Muschelstückchen, wie im Grobkalk und den ebenfalls tertiären Mainzer Kalken, im Jurakalk, in manchen Muschelkalkschichten, zugegen sind, so fällt solche Verwendung weg; auch ist die Festigkeit oft erheblich geringer, und kann die Verwerthung zu Bausteinen dadurch beeinträchtigt werden. Die Kreide hat durchgehends geringe Festigkeit; doch wird der Maestrichter Tuffkalk wieder stark verwerthet. Sehr verschieden verhalten sich die alluvialen Kalke; nicht selten sind sie (cf. oben Abschn. II, Kap. 3) geschätztes Baumaterial, auch für Wohnhäuser. Sie halten diese bei ihrer porösen Beschaffenheit trocken und geben für dieselben auch, was manchmal von Werth, ein ziemlich leichtes Mauerwerk, welches bei der guten Bearbeitungsfähigkeit ohne grosse Kosten sehr regelmässig und daher fest construirt werden kann. Ganz dasselbe gilt von dem diluvialen Süsswassertuffe.

Da die Kalke bei ihrer grossen Festigkeit den Vorzug haben, dass sie nicht übermässig hart und verhältnissmässig leicht zu bearbeiten und dabei in reinem Zustande stets frostfrei sind, so gehören die in allen Formationen vorkommenden Brüche derselben zu den beliebtesten. Ihr Geldwerth wird durch die Möglichkeit der Verwerthung des Abfalles zu Mörtel noch bedeutend erhöht; der Mörtelkalk selbst aber, der noch speziell ins Auge zu fassen sein wird, ist an sich werthvoll genug, um einen Betrieb zu lohnen, besonders in solchen Gegenden, wo Kalksteine nicht in reichem

Maasse vorhanden sind. Daher werden auch die Abarten des Kalkes vielfach benutzt, sowohl solche, die in Folge ihrer Beimischungen an Qualität geringer sind, als auch solche, die eine bessere Qualität zeigen. Unter letzteren sind die dolomitischen Kalke hervorzuheben, welche zu dem Dolomit den Uebergang vermitteln und in gewissem Grade dessen Eigenschaften theilen, unter denen grosse Cohärenz, etwas grössere Härte und besonders die Fähigkeit, dem Wasser weit besser als Kalk zu widerstehen, hervorzuheben sind. Solche Dolomite und dolomitischen Kalke kommen im Devon, Zechstein, in der Trias (besonders in den Alpen), im Jura (Franken, Norddeutschland, mit guten Bausteinen) nicht selten vor und geben bei der ihnen eignen Klippenbildung ziemlich oft zu Anlage von Brüchen Veranlassung. Auch die Sandkalke sind der Härte halber zu manchen Zwecken (Wegbau) den reinen Kalken vorzuziehen. Dagegen muss die Anwendung von Mergelkalken fast durchgehends als ein Nothbehelf angesehen werden, und nur solche unreine Kalke, in denen der Kalkgehalt noch ziemlich gross ist, sollten rationeller Weise unter den Baumaterialien geduldet werden. Dasselbe gilt in gewissem Grade von den eisenschüssigen Kalken.

Die Schiefer sind zwar nicht als eigentliche Bausteine, aber doch namentlich als Bedachungsmaterial das nächst wichtige Sedimentärgestein für den Architekten. Die colossale Dachschieferindustrie Englands (vergl. oben Fig. 57), sowie die des Rheinlandes, Nassaus, der Ardennen, des Harzes, auch Thüringens basirt sich auf verschiedene Abtheilungen der älteren Systeme. Der englische Schiefer ist altcambrisch, im Ganzen versteinerungsleer; cambrisch und silurisch ist der der Ardennen, der Bretagne; der thüringische silurisch; der rheinische und harzische (Goslar'sche) devonisch. Dagegen ist der Glarner Schiefer sehr jungen, und zwar alttertiären Ursprungs, so dass auch hier sich wieder, wie in manchen anderen Beispielen, eine festere Beschaffenheit jüngerer Schichten des Alpensystems im Vergleiche mit ausseralpinen zeigt. Im Allgemeinen kann mit den festeren Thonschiefern sich kein natürliches Material hinsichtlich seiner Verwendbarkeit zum Dachdecken messen. Die sonstige Nutzbarkeit schiefriger Gesteine, soweit sie hierher gehört, ist jedoch gering, namentlich wenn wir von den harten Kieselschiefern absehen, die gleich dem ähnlich zusammengesetzten, d. h. wesentlich aus Quarz bestehenden Quarziten und Hornfelsen zum Wegbau benutzbar werden. In dieser Beziehung möchte höchstens noch die Anfertigung von Badewannen und dergl., sowie von allerhand Platten, von Fensterbänken, Bekleidungen u. s. w. aus festerem Schiefer sich erwähnen lassen. Die noch einseitigere Benutzung der Glimmerschiefer und anderer krystallinischer Schiefer reiht sich hier an. Jene werden als Platten und plattenähnliche Quaderstücke, die Chloritschiefer manchmal auch als

geschliffene Zierstücke benutzt; sonstige Verwendung — die übrigens auch bei fast allen vorbenannten Gesteinen zu erwähnen sein wird — ist im Folgenden zu berücksichtigen. Die geschichteten Serpentine verhalten sich im Ganzen minder gut, als die massigen, doch sehr ähnlich, und finden oft ausgiebige Verwerthung. Der Gneiss, welcher sich ferner anreiht, giebt vielfach — dem Granite ähnlich — grobes Material zu roheren Bauten, seltener Pflastersteine, eher Chaussirungsmaterial; die aus ihm bestehenden Findlingsblöcke verhalten sich im Ganzen wie die granitischen, und spricht sich bei ihnen die Schichtung nicht sehr stark durch Zusammenhangsschwächung aus. Die Tuffe der Porphyre geben hie und da sehr gutes Baumaterial, jedoch nicht durchweg; die (der Formation des Rothliegenden angehörenden) grossen Brüche im Porphyrtuff des Rochlitzer Berges, überhaupt der Gegend von Chemnitz möchten zu den besten der hierher gehörigen Aufschlüsse gehören und liefern aus den dickbänkigen Schichten grosse Werkstücke jeder Art und gute, regelrecht zu behauende Bruchsteine. Aber auch jüngere Tuffe geben hie und da gutes Baumaterial, namentlich die trachytischen Tuffe am Rhein, von welchen ebenfalls noch andere Verwendungen zu berühren sein werden. Wegen ihrer Verwerthung beim Baue der Backöfen nennt man diese Trachyttuffe auch wohl Backofensteine; doch werden nicht minder grössere Werkstücke (Krippen, Tröge, Pfosten etc.) aus ihnen gearbeitet und Mauerungen aus ihnen aufgeführt.

Conglomerate und Breccien sind im Allgemeinen nur dann anwendbar, wenn sie quarziges oder kalkiges Bindemittel besitzen; im entgegengesetzten Falle würden die Conglomeratstücke sich noch viel leichter trennen, als kleinere (als Sandkörner), und Conglomerate mit thonigem — oder sich in Thon zersetzendem — Bindemittel zerfallen stets zu Haufen von Geröllen u. s. w. Im erstgedachten Falle kann das Conglomerat (abgesehen von sonstigen Verwendungen) als Baustein benutzt werden; jedoch hat in dieser Eigenschaft die Gesteinsart im Ganzen keine Bedeutung.

Die salinen Gesteine, deren Lagerung manchmal der der massigen ähnelt, sind, so weit sie hier in Betracht kommen, Gyps und Anhydrit, beide eher weich, nicht in hohem Grade, aber doch ziemlich fest und cohärent und in Wasser, wenn auch nur schwer, löslich. Da der Anhydrit bei Einwirkung des atmosphärischen Wassers oberflächlich und langsam sich in Gyps umwandelt, so wendet man ihn nur zu untergeordneten Zwecken an. Es könnte widersinnig erscheinen, dass man ihn bei Fundamentmauerungen zulässt, nicht bei Freimauerwerk; doch wird dies wohl erklärlich, wenn man bedenkt, dass im Freien die Kruste umgewandelten Materials (durch Regen, durch Menschenhände) regelmässig entfernt zu werden pflegt, unter der Erde aber eine in gewissem Grade schützende Hülle bildet. Weit wich-

tiger ist der Gyps, allein er ist wieder — als Alabaster — mehr Ornament- als Baustein, und seine Hauptbedeutung liegt in seiner Verwendung zu Surrogaten für Steine. In steinarmen Gegenden kann auch der natürliche Gyps als Baustein Wichtigkeit erlangen; so in der Sahara, wo die dünnen Gypsschichten sorgsam zu Bruch- und Wölbsteinen verarbeitet werden, auch in einem Theile Vorderasiens. Dass in regenarmen Distrikten bei Mangel sonstigen Materials auch lösliche saline Gesteine zum Bauen verwerthet werden, z. B. in der Sahara natürlich vorkommendes kohlensaures Natron (Trona), mag beiläufig erwähnt werden. Die Hauptgypsstöcke Deutschlands gehören dem Zechstein und dem oberen Buntsandstein an. Besonders liefert letzterer ornamentale Stücke, die sich indessen mit den südländischen nicht messen können, minder durchsichtig und minder rein weiss sind. Sehr gute Gypse, freilich mehr im Auslande (Paris, Italien und Sicilien), als auf deutschem Boden, liefert die Tertiärformation.

Trotz der Menge dieser natürlichen Hülfsmittel der Bautechnik, deren Zahl sich noch fortwährend mehrt, würde das Bedürfniss in den meisten Gegenden auch nicht annähernd ohne die Beihülfe der künstlichen Ersatzmittel gedeckt werden können. Gewisse Zwecke namentlich können fast nur durch eigens von der Industrie geschaffene Stoffe — zu denen die Geologie und Mineralogie nur die Rohmaterialien liefert — erreicht werden. Ganz besonders aber ist es die feste Verbindung, sei es durch verbindende Substanzen direkt, sei es durch besondere Constructionsmittel, welche Ansprüche an die Technik macht. Die verbindenden Constructionen werden wiederum durch natürliche oder durch künstlich hergestellte Materialien vermittelt; allein das hauptsächlichste natürliche Material ist das Holz, das dem Mineralreiche nicht angehört und deshalb hier nicht Gegenstand der Betrachtung werden kann, das wichtigste künstliche ist das Eisen, welches nebst den übrigen Metallen im folgenden Kapitel ins Auge zu fassen sein wird. Es gehören daher zu den hier ins Auge zu fassenden künstlichen Baumaterialien sämmtliche Steinsurrogate im allerweitesten Sinne einschliesslich der Bedachungs- und Verglasungs-Materialien und sämmtliche Mörtelingredienzien. Da man die Steinsurrogate eines Theils mit Hülfe dieser letzteren, anderen Theils durch pyrotechnische Processe, Thon- und Glasfabrikation herstellt, so reducirt sich die Zahl der hier zu betrachtenden Industriezweige

1) auf die Ziegelindustrie, welcher wir alle Arten von Ziegelsteinen einschliesslich der Dachziegel, feuerfesten Steine, Thonornamente, sowie die Thonröhren verdanken; nicht minder die (hier nicht in Betracht kommenden) Thon- und Porzellangeschirre;

2) auf die Glasindustrie, sofern sie Bauzwecke verfolgt;

3) auf die verschiedenen Mörtelindustrien,

insbesondere auf das Kalkbrennen, Gypsbrennen, auf die Cementfabrikation und auf die Asphaltindustrie, denen sich die Herstellung gemeinen Lehmmörtels anreiht. Jede von ihnen wird auch zur Herstellung besonderer Steinsurrogate benutzt, ohne dass aber irgend eines auch nur annähernd die Bedeutung der Ziegel erreichte.

Die Thonindustrie ist nicht nur einer der verbreitetsten, sondern auch der allerältesten Zweige der Technik; auch ist sie schon ziemlich früh, nachweislich im alten Aegypten um die Zeit der Pyramidenbauten, auf Herstellung künstlicher Steine angewandt; gleichwohl geschah dies in manchen Ländern verhältnissmässig spät, wie z. B. grade nach Deutschland erst durch die Römer das Mauern mit Ziegelsteinen und deren Herstellung verpflanzt ist. Das Substrat ist der gemeine Thon (vergl. oben in Abschn. I, Kap. 1), $H_2Al_2Si_2O_8 + H_2O$, dasjenige Silikat, das bei der Zersetzung aller übrigen Thonerde haltenden Silikate als Endprodukt bleibt. Selbstredend ist dasselbe nur in den allerwenigsten Fällen rein, daher auch oben eine grosse Zahl von unreinen Thonen aufgeführt ist. Aber selbst die reinen Abarten sind gemengt und zwar im Wesentlichen mit unzersetzten Silikat-, namentlich Feldspathresten, die einen ganz bestimmten Einfluss auf die Beschaffenheit der gebrannten Thone haben. Das Eisen, in den unreineren Abarten gewöhnlich ziemlich reichlich vorhanden, ist in den reineren gewöhnlich noch in Spuren oder auch in Bruchtheilen eines Procentes und bis etwas über 1 Procent als Vertreter des Aluminiums vorhanden. Mit den Feldspathresten stellen sich selbstredend Kali, Natron, auch Kalk ein; daher pflegt der Kieselsäuregehalt, der sich nach obiger Formel zu 46,40 Procent berechnet, zwischen $43^1/_2$ und $48^1/_2$ Procenten zu schwanken, der an Thonerde, theoretisch 39,68 Procent, zwischen $36^1/_2$ und $41^1/_2$, der an Wasser (des basischen und des hydratischen zusammengenommen), theoretisch 13,92, schwankt von $12^1/_2$ bis an 15 Procent. Dies gilt für die reinen Thone, welche man als Kaolin oder Porzellanerde bezeichnet und die zugleich jene Feldspathreste zu enthalten pflegen und ihnen die Eigenschaft verdanken, beim Brennen zu „sintern", d. h. aus einer Mengung von Thonerde-Theilchen mit Glasmasse zu bestehen; letztere legt sich kuglig um die Thonerdepartikelchen, backt zusammen und macht die gebrannten Waaren schon an sich wasserdicht. Der Procentgehalt der anderen Basen ist dabei oft ziemlich gering; 2—3 Procente Kali und Natron bei 1—2 von Eisen, Kalk, Magnesia genügen schon, das Sintern zu erzeugen. Der chemisch wirklich reine Thon dagegen brennt sich niemals wasserdicht, sondern bleibt stets erdig, porös; daher ist er auch allein feuerbeständig. Bei dem gröber verunreinigten, gewöhnlich stärker eisenschüssigen, dunkelfarbigen (ungebrannt meist blaugrauen, auch okerfarbenen oder aus beiden Nüancen gemischt bräunlichen) Thone kommt

es auf die Natur der Beimengungen an. Der — auch abgesehen von grösseren Stücken — in der Masse oft ziemlich reichlich, nicht selten zu mehr als 8 Procent, in geringen Mengen, zu nahezu 1 Procent, wohl stets vorhandene Kalk bedingt keine wesentliche Aenderung; ist er aber noch reichlicher zugegen, so bewirkt er bei feiner Vertheilung in der Masse ein ähnliches Sintern; man hat „Mergelthone" noch zu gesinterten Ziegeln („Klinkern") bei etwa 25 Procent Kalkgehalt verarbeitet. Dasselbe gilt für das Eisen und die Magnesia. So gab ein Thon mit etwa 7 Procent des ersteren und $1^1/_2$ der zweiten gute Klinker, ebenso ein anderer mit 5 Eisen, 3 Magnesia und $2^1/_2$ Kalk. In allen 3 Fällen waren aber auch noch $3^1/_2$ Procente Alkalien, zumeist Kali, zugegen. Dagegen bedingen geringere Procentsätze von Eisen (bis über 3 Procent) nur Färbungen der Thone. Die Beimengungen von Eisen finden sich in verschiedenen Verbindungen, von denen die häufigste und zugleich unangenehmste, das Schwefeleisen, in ihrem Verhalten (Vitriolisiren) mehrfach besprochen ist. Bei der Undurchlässigkeit der Thone macht das Schwefeleisen erst beim Lagern diese Processe durch, und dies ist der Grund des überaus häufigen Vorkommens schön ausgebildeter Gypskrystalle auf den lagernden Thonmassen. Wie noch unten zu erwähnen, sind diese Gypskrystalle beim Brennen ebenso, wie alle grösseren Kalkstücke, schädlich und müssen ausgelesen oder durch einen Schlemmprocess entfernt werden. Weniger schädlich sind grössere Quarzstücke, doch werden auch diese besser ausgemerzt; ohne allen Schaden ist der oft reichlich vorhandene, den Kieselsäuregehalt bis auf 70—80 Procent steigernde feine Quarzsand.

Das Brennen des Thones geschieht meist in eignen Ziegelöfen, selten im Freien. Zunächst verändert sich der Thon selbst dabei in einer auffälligen Weise; er verliert sein Hydratwasser bereits bei etwa 360° C., durch längeres und intensiveres Glühen aber auch das basisch gebundene Wasser. Der gebrannte Thon enthält demnach im Wesentlichen gleiche Atome von Aluminium und Silicium neben Sauerstoff, ohne dass man aber eine unbestrittene und unbestreitbare Formel für denselben aufgestellt hätte; vielleicht ist die Formel $Al_2Si_2O_6$ noch wahrscheinlicher als die gewöhnlich angegebene $Al_2Si_2O_7$. Dieser gebrannte Thon ist im heftigsten Essenfeuer unschmelzbar. Er ist weit härter, minder voluminös, minder hygroskopisch als der ungebrannte Thon, und wandelt sich nur äusserst langsam wieder um, besitzt also, wenn er nicht schädliche Beimengungen hat, welche diese seine Eigenschaft beeinträchtigen, eine grosse Wetterbeständigkeit. Schwefelsäure und kochende Alkalienlauge zersetzen ihn, dagegen Salzsäure, Salpetersäure, kalte Alkalien nicht. Der reine, gebrannte Thon ist stets porös; diese Eigenschaft, für Gefässe im Allgemeinen unerwünscht, ist für Bauzwecke in hohem Grade nützlich, denn sie bedingt die Leichtigkeit der Ziegelsteine, deren spezifisches Gewicht

nur 1,4 bis 2,3 beträgt, so dass man i. M. 1 Cubikmeter Mauerwerk aus Ziegelsteinen zu 1600 Kilo ansetzen kann. Man vermehrt diese Eigenschaft theils durch Herstellung sehr poröser Steine, indem man stark kohlehaltiges Material, dessen Kohle beim Brennen sich verflüchtigt (so z. B. bei Halle mit Braunkohle gemengten Thon) verwerthet; noch allgemeiner verbreitet ist die Herstellung von Hohlziegeln, d. h. solchen Ziegelsteinen, bei welchen Hohlräume durch die ganze Länge der Breite des Steines hindurchgehen. Diese Hohlräume haben den Vortheil, dass sich mit ihrer Hülfe Luftcanäle durch ein Mauerwerk oder durch ein Pflaster (Kellerpflaster) ohne alle Schwierigkeit herstellen lassen. Nur dürfen selbstverständlich nicht die offenen Seiten in die Fronten und an die Ecken der Gebäude gebracht werden; auch ist die Verbreitung des Schalles durch die Luft oft störend, wenn man die sonst der Leichtigkeit und zugleich auch der schlechten Wärmeleitung halber empfehlenswerthen Hohlziegel im Uebermaasse anwendet.

Die Nebenbestandtheile bedingen indessen manche Modificationen der Eigenschaften der gebrannten Thonwaaren. Zunächst sind die Partikelchen unzersetzten Feldspathes die Ursache des erwähnten Sinterns. Das gebrannte Produkt ist dann eigentlich ein thonerdereiches Glas, in welchem indessen noch grosse Mengen ungelösten Thones sich befinden, so dass die verglaste Substanz nur als Bindemittel des letzteren erscheint. Dies giebt nicht nur das Porzellan, sondern auch das sogenannte echte Steingut, welches nicht porös ist, wie der reine gebrannte Thon, sondern gleich jenem schon ohne Glasur das Wasser nicht durchsickern lässt. Die Feldspathsubstanz ist für das Zustandekommen dieser Art Thonwaaren so wesentlich, dass man in vielen Porzellanfabriken namhafte Zusätze von Feldspath zu dem Kaolin macht; so werden in der französischen Fabrik von Sèvres 15—22 Procente Feldspath der zu brennenden Masse zugesetzt, die im Uebrigen zumeist aus Kaolin (nur zu 10 Procent aus reinem Quarz und zu 5 aus Kreide oder reinem Kalk) besteht. Wesentlich ist das Fehlen erheblicher Mengen von Schwermetallen, auch des sehr verbreiteten Eisens, das beim Uebergange in eine Glasmasse eine bräunliche Färbung derselben bedingt.

Die Anwesenheit von Kalk und Quarz zugleich mit dem Thon wirkt ganz ebenso, wie die des Feldspathes, daher auch die Waaren aus gemeinem Thone häufig gesinterte Masse enthalten, nur nicht so regelmässig vertheilt und so reichlich wie das Porzellan. Geringere Quanta solcher verglasenden Körper befähigen den Thon, Ornamentstücke zu liefern, wie z. B. die aus den verwitterten Porphyren (aus deren Kaolin) zusammengeschwemmten sogenannten Kapselthone der Braunkohlenformation (bei Halle und anderen Orten der Provinz Sachsen). Wenn hier wohl noch zum Theil unzersetzte Feldspath-

reste vorhanden sind, ist dies bei den meisten Thonen nicht der Fall; daher diese auch noch dunklere Färbungen anzunehmen pflegen. Dies gilt insbesondere von den meisten „Klinkersteinen“ (den Ziegelsteinen, welche, an einander geschlagen, ihres durchgängigen Glasgehaltes halber hell klingen). Sie sind wegen ihrer Festigkeit und für viele Fälle ihrer geringeren Porosität halber mit Recht geschätzt. Sie haben fast durchgängig eine gelbbräunliche Farbe und erscheinen meist geflammt, da die Glasmasse nicht ganz gleichmässig vertheilt noch auch gleich zusammengesetzt ist; ein Ueberschuss fein vertheilten Kalkes macht die Farbe heller und gleichmässiger, allein oft auf Kosten der Festigkeit, Härte und Undurchlässigkeit.

Die gemeinen rothen Ziegel sind weit freier von diesen verglasenden Substanzen, doch haben sie einen gewissen Ueberschuss von Eisen, zumeist, wie bemerkt, als Doppelschwefeleisen im rohen bläulichen Thone und als Eisenoxydhydrat im Lehm enthalten, und beim Brennen (grade so wie das Schwefeleisen bei dem Rösten das Caput mortuum) Eisenoxyd liefernd. Diesem verdanken die Ziegel die so sehr verbreitete röthliche Farbe, welche man gradezu „Ziegelroth“ zu nennen gewohnt ist, und welche im Grunde nur aus einem Eisenoxydroth besteht, das durch Beimengung weisser Substanz heller geworden ist. Die rothen Ziegel sind poröser, etwas leichter (vom specifischen Gewichte 1,4 bis 2,2 gegen 1,5 bis 2,3) als die Klinker. Die aus Lehm gebrannten Steine sind in vielen Fällen nicht wesentlich verschieden von den aus schwärzlich blauem Thone gebrannten; nur sind sie sandiger, unreiner. Anders die aus lehmigem Mergel fabrizirten Ziegel, denn diese werden oft den Klinkern ähnlicher, nur minder gleichförmig; auch haben sie fast immer einen derartigen Ueberschuss an Eisen, dass ihre Farbe ziegelroth ist. Dass ein Theil des Innern der einzelnen Steine schwärzlichere Farbe hat, ist weniger wesentlich; alsdann hat zusammengesinterte Masse das Eindringen genügend vielen Sauerstoffs gehindert, um durchgängig Eisenoxyd zu bilden, und es bildet ein Theil des Eisens nur Eisenoxyduloxyd, das eine schwärzliche Farbe hat.

Das Fehlen der sinternden Substanzen überhaupt ist, wie sich aus dem oben Gesagten ergiebt, durchaus nothwendig für die feuerfesten Steine, Chamottesteine und dergl., sowie ganz besonders für die Masse, aus welcher feuerfeste Gefässe geformt werden. Zu letzteren gehören namentlich auch die Glashäfen zum Schmelzen von Glasmasse, welche meist dadurch im Laufe der Zeit unbrauchbar werden, dass Glas sich in ihre Wandungen hineinzieht, sie so zu sagen imprägnirt. Ist dieser Prozess bis zu einem gewissen Stadium gediehen, so erweicht sich der Hafen und hört auf feuerfest zu sein.

Es bedarf nur eines Hinweises darauf, dass alle Schlacken unreine Gläser darstellen, daher der letztere Fall, das Verderben feuer-

fester Steine, überall da eintreten kann, wo heisse geschmolzene Schlacke mit denselben in Berührung tritt. — Auch mag nur beiläufig erwähnt werden, dass die Schlacken, deren Anhäufung einer der grössten Uebelstände mancher Industriezweige ist, ihrer geringen Wetterbeständigkeit und Festigkeit halber bisher eine nützliche Verwendung kaum gefunden haben; namentlich sind sie zu Bauzwecken als Steinsurrogate so gut wie gar nicht zu verwerthen. Ihre Anwendung als Mörtelzusatz wird weiter unten zu besprechen sein.

Als ganz besonders schädlich verdienen die gröberen Stücke, Kalksteine, durch die Verwitterung gebildete Gypskrystalle, grössere Klumpen Schwefeleisen, Versteinerungen, welche aus letzterem oder aus Kalk gebildet sind, besondere Berücksichtigung. Nach der Formation, aus welcher der Thon stammt, sind diese gröberen mechanischen Gemengtheile sehr verschieden; Schwefelkiese und ihr endliches Zersetzungsprodukt, die Gypskrystalle, zeigen sich besonders in den Thonen der Formationen mittleren Alters, in denen der Jura- und Kreideformation. Die Thone der Tertiärformation (Braunkohlenthone) sind sehr verschiedenartig, zum Theil reiner (vergl. oben über Kapselthon), zum Theil denen der älteren Formationen ganz ähnlich, wie z. B. die Rupelthone oder Septarienthone des westlichen und nördlichen Deutschlands. Kalkstücke kommen in Thonen fast sämmtlicher Formationen vor, namentlich bestehen die Versteinerungen entweder aus Schwefelkies, oder aus Kalk oder auch aus beiden. In den Diluvialthonen sind dagegen oft Bruchstücke in Menge eingeschwemmt, nicht blos die unschädlicheren, wenn auch oft lästigen Granit-, Gneiss-, Quarz- und Feldspathstücke, sondern auch Kalkstücke, welche gleich den Gypskrystallen und Schwefelkiesstücken sorgfältig auszulesen sind. Da sowohl die Handscheidung, als das jetzt meist an deren Stelle getretene Ausschlemmen umständlich und kostspielig ist, so werden Thone, in welchen gröbere Stücke nicht oder sparsam vorhanden sind, mit Recht in hohem Grade geschätzt und bevorzugt. Bleiben grosse Kalk- oder Gypsstücke in einem Steine, so ist derselbe stets unbrauchbar, und dies ist um so störender, als es sich oft erst nach dem Gebrauche zeigt. Während nämlich die halbzersetzten, in Vitriol umgewandelten Schwefeleisenstücke schon beim Brennen zu zerspringen pflegen, brennt sich Kalk und Gyps ruhig zu Kalkoxyd oder zu wasserärmerem Kalksulfat; kommt dann aber der gebrannte Stein wieder mit Wasser in Berührung, so löscht sich der Kalk oder Gyps unter Volumzunahme und Wärmeentwickelung in der später auseinanderzusetzenden Weise, und der Stein wird zerstört.

Das Ausscheiden wird in der Regel — und wenn nöthig mittels der Schlemmung — so weit fortgesetzt, dass Stücke über $^1/_4$ Millimeter möglichst ausgeschieden sind. Die feinen Sandkörner schaden nicht nur in keiner Weise, sondern verbessern den Thon,

so dass man sie mit ihm möglichst innigst mengt, und wenn die Natur sie nicht geliefert hat, sie künstlich zusetzt. Sie heissen dann Magerungsmittel, da man reinen Thon „fett“ zu nennen pflegt. Die besten sind reine Quarzsande, namentlich sind sie die einzigen, welche feuerfesten Thonen zugesetzt werden können. Eisen- und kalkhaltige Sande oder Kalkpulver (Kreide) befördern dagegen das Sintern. Jeder dem Thon zuzusetzende Sand ist nicht nur vorher zu untersuchen, sondern auch einer Probe zu unterwerfen. Die den Thon leicht machenden verbrennlichen Magerungsmittel sind schon oben erwähnt; statt der dort genannten Kohle lassen sich Sägespäne, zerkleinerte Torfabfälle anwenden, und die Braunkohle hat man hin und wieder so stark beigemengt, dass fernerer Verbrauch an Brennstoff nicht stattfindet. Die Infusorienerde [1]), ein ausgezeichnetes kieseliges Magerungsmittel, macht dieselben ebenfalls leicht. Die sämmtlichen Magerungsmittel haben den Vortheil, dass sie das beim Trocknen und Brennen unausbleibliche Schwinden des Thones reguliren, durch die ganze Masse in Poren vertheilen, so dass das Rissigwerden verhütet wird. Hierbei hat sich herausgestellt, dass zunächst ein Zusatz von Magerung auch die Dichtigkeit vermehrt; über diesen Punkt hinaus wird die Porosität grösser, das ungleichmässige Schwinden (Formveränderung, Rissigwerden) aber, das bei den fetten Thonen leicht stattfindet, tritt hier nicht ein. Die Erzeugung dichter Masse hängt also von dem richtigen Maasse des Zusatzes ab, obwohl ein grösserer im Allgemeinen nicht schadet, so lange der feuchte Thon plastisch bleibt. Wie viel Zusatz jede Art des Thones verträgt, bevor die Plasticität schwindet und beim Reiben erhebliche Quanta abgestäubter Masse sich entfernen — wie viel Zusatz, wie man sagt, jeder Thon „bindet“ — hängt von der Reinheit ab und wechselt von etwa 1 bis zu nahe an 7 Gewichtstheilen. Man bezeichnet mit Hülfe dieser Gewichtstheile auch den Grad des Bindungsvermögens, so dass also ein Thon, der 5 Gewichtstheile Quarzpulver bindet, das Bindevermögen 5 besitzt u. s. w. Es ist wichtig, auf dasselbe zu achten, da nur Thone von gleichmässigem Verhalten zusammen in gleicher Weise gebrannt werden sollten. —

Die Vorbereitung der Thone besteht in längerem Einweichen (Sumpfen), und in vorherigem Auswintern und mitunter auch in Aussommern; bei Weitem die meisten Thone haben diese längeren Vorbereitungen nöthig, während welcher sie auf Halden in mässig hoher Schicht (immer unter 1 Meter, doch ist es nicht nöthig, unter 0,7 Meter hinabzugehen) ausgebreitet liegen. Durch alle diese Proceduren, welche ein Zerkleinern des Thones zur Folge haben und ihn für das nachherige Mischen und Kneten vorbereiten sollen,

1) Vergl. unten in Kapitel 3.

werden grosse Flächen beansprucht, daher man dieselben durch künstliche Processe (Trocknen, auch Pulvern und Sieben des völlig getrockneten Thones) zu ersetzen gesucht hat. Von denselben hat sich keins so sehr bewährt, wie das Schlemmen, d. h. das Einsumpfen in grossen Bassins mit Hülfe von Schlemmmaschinen, welche die Masse umrühren. Nachdem aber dann das Absetzen und Ablaufen erfolgt ist, ist, wie bei jedem Schlemmprocesse, die Masse nicht gleichmässiger, sondern viel ungleichmässiger geworden. Es bedarf nun noch des Homogenisirens oder des Knetens, ehedem durch Treten (von Menschen, Pferden, Ochsen), jetzt durch „Fahren“, d. h. kreisförmiges Bewegen von Radgestellen, durch eine in einem Bottich stehende, mit horizontalen und noch mit aufrechten Zinken versehenen Messern bewehrte Welle (Thonschneider, holländische Kleimühle) oder durch eine mit Schneckenflügeln (à $^1/_3$ Kreis) oder Segmenten (immer 2 gegenstehenden à $^1/_4$ Kreis) versehene aufrechte Welle in einem Cylinder, welche man „Schnecke“ nennt.

Nach allen diesen Vorbereitungen erst kann man zum Formen der zu brennenden Thonwaaren schreiten. Das Formen geschieht entweder mit der Hand in hölzernen oder eisernen Formen (für Ziegelsteine selbstverständlich von einfach rechteckig-parallelepipedischer Form, meist für 2 Steine zusammen) auf dem Streichtische, den man gleich dem Streichholze nässen oder mit trocknem Sande bestreuen kann; oder man kommt, wie in vielen Fabriken üblich, der Hand durch Formen, in welche der Thon fest hineingeschlagen oder gedrückt wird, zu Hülfe, wobei man Verzierungen u. dergl. aufpressen kann; oder endlich wendet man, wie jetzt meistens — wenn auch keineswegs besser[1]) — die Maschinen (Pressen) an. Aus diesen wird der Thon kräftig an einer Seite herausgepresst, und dabei nimmt er an der offenen Stelle der Wand jede gewünschte Querschnittsform an. Die gewöhnlichen Steine können nach allen drei Richtungen ausgepresst werden; wählt man die Breite und Dicke als Dimensionen der Austrittsöffnung, so hat man den gespannten Draht oder dergleichen, mit Hülfe dessen die Steine auseinander geschnitten werden, so zu stellen, dass er jedesmal wirkt, wenn ein Cylinder von der Länge eines Steines abgeschnitten wird. Dies ist auch bei Ziegeln in Wölbsteinform nöthig; in anderen Fällen, z. B. bei Simsstücken, sogenannten Schablonensteinen, mit profilirter Schmalfläche, bei Brunnenschachtsteinen (vom Grundriss in Ringausschnittform), muss man andere Dimensionen, in den angeführten Beispielen die Länge und Breite, durch die Austrittsöffnung treten lassen und den austretenden Cylinder jedesmal abschneiden lassen, wenn er um die

1) Die Nachtheile bestehen in dem Vordrängen der Mitte, daher kurze Ziegel wegen der schaligen Absonderung unhaltbar werden.

Dicke eines Steines vorgerückt ist. Dies regulirt man meist einfach durch Menschenarbeit. Auch Hohlröhren und Hohlsteine lassen sich so ohne Schwierigkeit herstellen. Man bringt in der Austrittsöffnung einfach einen Kern an; der Zusammenhang desselben mit dem übrigen Theil der Wand wird durch möglichst dünne Drähte oder scharfe, der Länge nach gegen die Druckrichtung gestellte Bleche hergestellt, wobei nach dem Passiren dieser kurzen und schmalen Hindernisse sich die plastische Thonmasse von selbst wieder zusammendrückt. So werden Drainröhren durch runde Oeffnungen mit rundem Kerne, Hohlziegel durch Rechtecköffnungen mit rechteckigem Kerne oder mit einem Paare oder einer Reihe runder oder quadratischer Kerne geformt. In manchen Fällen, z. B. behuf Anbringens der Haken an Dachsteinen, bleibt immer noch eine nachträgliche Bearbeitung der Ziegel mit der Hand oder mittels einer besonderen Maschine erforderlich.

Die geformten Steine oder sonstigen Gegenstände werden unter möglichster Wahrung vor nochmaliger Anfeuchtung, welche immer ihre Form zu zerstören im Stande ist, getrocknet und dann der Wirkung des Feuers ausgesetzt, meist in besonderen Oefen, öfter auch im freien Felde, durch den sogenannten Feldbrand.

Die Feldbrände, denen die daraus gewonnenen Steine geringerer Güte den Namen „Feldbrandsteine“ verdanken, werden in mässiger Höhe über grössere Räume aus einer beträchtlichen Zahl von getrockneten Steinen der Art zusammengesetzt, dass die Steine sämmtlich Hohlräume zwischen sich haben; diese Hohlräume enthalten das Brennmaterial und geben der Luft Zutritt. Die zweckmässige Vertheilung der Luftcanäle ist in mannigfacher Weise zu erreichen und wird ohne Schwierigkeit von den geübteren Ziegelbrennern bewerkstelligt. Jeder Feldbrand, der billig und rasch herzustellen, kann bis 100000 Stück liefern. Als Material ist in diesem Falle ein nicht zu reiner, namentlich Quarzsand (feinen Schluff) haltender Thon vorzuziehen.[1])

Die Oefen sind eines Theils die gewöhnlichen alten Oefen, in welchen die Steine, welche der Ofen fasst, in einem Male gebrannt werden. Anheizen, Steigern der Hitze bis zu einem immer bedeutenden Grade und Abkühlen wird dabei je nach der Natur des Materials in verschiedener Zeitdauer ausgeführt; je nach dem Materiale ist der Hitzegrad, welcher zweckmässiger Weise zu erzielen, ein sehr verschiedener. Klinker verderben im Allgemeinen leichter durch zu grosse oder nicht genügende Hitze; aber auch für alle übrigen Steine ist — schon der Ersparniss halber — das erfahrungsmässige Er-

1) Die Doppelfeldbrandöfen mit Pisémauern sind zwar noch ambulant herzustellen, bilden aber doch schon den Uebergang zu der folgenden Art des Brennens.

mitteln des anzuwendenden Quantums von Brennmaterial und des Grades von Luftzug durchaus nöthig.

In neuerer Zeit hat man ziemlich häufig diese Art des Betriebes verlassen und einen permanenten Betrieb eingerichtet, bei welchem eine Anzahl von Oefen mit einander verbunden ist und der Reihe nach die drei oben genannten Stadien durchmacht. Die Form dieser Oefen ist die des Ringofens oder Canalofens, von denen des bequemeren Formates (des geringeren Raumverbrauches) halber die letztere zur Zeit die bei Weitem beliebtere ist. Das Princip ist aber bei beiden dasselbe, indem in jedem Falle ein gemeinsamer „Ofencanal" existirt, der durch bewegliche Wände nach Belieben in verschiedene Theile zerlegt werden kann. Der Unterschied ist nur der, dass der gemeinsame Ofencanal dort in Kreisform, hier in Rechteckform, oft mit abgerundeten Ecken, gebaut ist. Von diesem Ofencanal, mindestens etwa 35, oft an 80 Meter lang, meist 3—4, selten 5 Meter breit, etwa $3^1/_2$ Meter hoch, immer ein wenig niedriger als breit, führt ein System von Einkarrthüren nach aussen, ein anderes von Rauchabzugscanälen (Füchsen) nach innen, wo sie in einen Schornstein oder in einen gemeinsamen, zu einem Schornstein leitenden Zugcanal einmünden. Auf jede Einkarrthür kommt ein Abzugcanal, auf beide jederseits eine Vorrichtung, welche den beweglichen Abschluss, den Schieber, aufnehmen kann. Hätte ein Ofen 12 solcher Vorrichtungen mit gleicher Zahl von Kammern, Thüren und Abzügen; stände nun beispielsweise der Schieber zwischen der Kammer 12 und 1, und wäre zugleich ein Schieber, der die Thüren und Abzüge successiv einzeln öffnet, so gestellt, nach nur die Thür zu 1, dagegen der Abzugcanal nur von 12 her offen ist, so müsste zunächst die Luft ringsum den ganzen Canal durchstreichen. Nimmt man nun an, dass die der Kammer 1 gegenüberstehende, also 7, nebst der folgenden (8), in höchster Gluth steht, während 1—6 diese Procedur der Reihe nach durchgemacht haben, so ist leicht ersichtlich, dass in 7 die Luft schon ziemlich hoch erhitzt ankommen muss; denn sie hat keinen anderen Zutritt, als durch die in Abkühlung begriffenen Kammern, nämlich 3—6, welche sie immer mehr erwärmen. Die 2. Kammer, deren Material schon herausgenommen wird, beginnt in gewissem Grade schon diese Erwärmung, während in die 1. schon neues Material gebracht wird, also die Temperatur bereits völlig gekühlt ist. Die mit den Verbrennungsprodukten gemischte heisse Luft gelangt nun nach 9 und weiter, indem sie sich allmählig wieder kühlt, und trifft in 12, schon fast gänzlich gekühlt, die erst Tags zuvor eingesetzten Steine. Ist dann die 1. Kammer gefüllt, die 2. geleert, so rückt der Schieber vor (zwischen 1 und 2) und so wird unter grosser Feuerungsersparung, angeblich von $^2/_3$ der Kosten der älteren Feuerungen, ein überaus bequemer Betrieb ermöglicht, den

man auf anderem Wege bisher in so vollkommener Weise nicht herzustellen vermocht hat.

In allen Oefen müssen die Thone luftig geschichtet sein; die Zeit variirt sehr, je nach dem Gehalte an hygroskopischem Wasser, nach der Zahl der zu brennenden Steine und nach dem — für jede Waare erfahrungsmässig festzustellenden — Grade der Hitze („Gare"), welcher für die Steine am besten geeignet ist. Der Prozess dauert im Ganzen von einem Tage bis zu mehreren Wochen, meist von ein paar Tagen bis zu etwas über einer Woche. Er zerfällt in drei Perioden: 1. das Schmauchen. So nennt man in der Praxis das Austreiben des hygroskopischen und des hydratischen Wassers, von denen jenes auch bei sehr gut getrockneten Steinen mindestens über $^1/_2$ Procent, oft aber über 6 Procent beträgt. Letzteres ist bei fetten, sehr guten Steinen, ersteres bei mageren, geringen der Fall. Es erhellt daraus, dass für die grosse Menge der Ziegel das absolute Quantum auszutreibenden Wassers ziemlich gross ist; 1000 Stück Ziegel vom Normalformat[1]), welche ca. 3000 Kilo wiegen, haben bis nahe an 200 Kilo Wasser, eine Füllung von 50 Mille über 9000 Kilo. Das hiernach berechnete Feuerungsquantum[2]), welches zum Schmauchprozesse erforderlich, genügt, da viel Luft zugleich zu erwärmen, thatsächlich noch nicht; jedenfalls erscheint auch hinsichtlich des Kostenpunktes eine gehörige Magerung empfehlenswerth. 2. das Brennen, durch welches die veränderte chemische Beschaffenheit erzielt wird, beginnend bei dunkler Rothgluth. Ein vollständiges Verschlacken, das bei manchen Steinen bei zu hoher Temperatur eintritt, ist unbedingt zu vermeiden; besser ist es immer noch, die klinkerartige Beschaffenheit in nicht zu hohem Maasse eintreten zu lassen, sich mit dem sogenannten Scharfbrande oder auch mit dem Gutbrande, bei welchem der Stein noch weniger klingt, zu begnügen. Lässt man die Temperatur noch weiter sinken, so erhält man den Schwachbrand, der sehr porös, stark wasseransaugend ist. Einleuchtend ist nach allem oben Gesagten, dass sich die Sorten ausserordentlich verschieden verhalten, manche z. B. über den Gutbrand hinaus sich gar nicht verändern. Als eine wohl zu beachtende Nebenerscheinung ist der Einfluss der Asche zu erwähnen, welche die mit ihr in Berührung kommenden Theile der Steine leicht verschlackt, daher namentlich für die feuerfesten Steine (Chamotte u. s. w.) schädlich werden kann. Die Feuerung geschieht übrigens nicht bloss aus Rücksicht auf diesen Punkt fast durchgängig auf Rosten. Zu viel Schwefel im Feuerungsmateriale wirkt schädlich auf die Waare. 3. das Kühlen,

1) In Metermaass 0,25 bei 0,12 bei 0,065 Meter.

2) Auf jenes Quantum über 1500 Kilo, oder pro 1000 Stück über 30 Kilo Kohle.

dessen ungefähre Dauer aus den obigen Notizen über den Ringofenbetrieb zu ersehen ist und allmählig von selbst vor sich geht.

Besondere Vorrichtungen bestehen noch im Färben, Dämpfen und Glasiren der Ziegel. Das Dämpfen ist ein Grau- oder Schwarzfärben mittels theilweiser (besonders oberflächlicher) Reduction des Eisenoxydes zu Eisenoxyduloxyd durch kohlige oder theerartige Substanzen, das angeblich den Stein fester machen soll. Das sonstige Färben wird durch verschiedenes Brennen und durch verschiedene Mischung — erforderlichen Falles durch Herstellung eines dünnen Ueberzuges (Beguss) aus anderem Thone — bewirkt. Das Glasiren ist dieselbe Procedur, welche beim Glasiren des Thongeschirres angewandt wird; es ist besonders für Ofensteine u. dergl. beliebt. Die eigentliche Glasur besteht aus Bleioxyd (Mennige oder dergl.), das man feinem, quarzhaltigem (schluffigem), weissem Thon oder einer Mengung von Quarzpulver und reinem Thon (Pfeifenthon) zusetzt. Andere Metalle wirken dabei färbend (vergl. Glasindustrie). Seltener wendet man Soda, Borax, Wasserglas, ziemlich oft aber auch Salz an. Hierdurch giebt man dem Steine oder seinem Begusse eine durchsichtige Glasur. Noch zweckmässiger ist für viele Fälle das Emailliren, das eine grössere Deckkraft hat; das Email besteht aus einer Mischung von Zinn- und Bleioxyd (aus $^4/_5$ Zinn und $^1/_5$ Blei bereitet, dem Aescher), welche man mit reinem, feinem Sande und viel Salz (doppelt so viel, als Aescher und Sand) und bei Anwesenheit von Eisen mit $^1/_2$—1 Procent Braunstein vermischt, glüht, dann sehr fein pulvert und den Glasuren oder Begüssen in genügendem Quantum — mit oder ohne weitere Farbenzusätze — beimengt.

Das Fabrikat, der Ziegelstein, Klinker, Chamottestein, Klinker- oder gewöhnliche Pflasterstein, Dachstein, das Drainrohr u. s. w., ist in der grossen Mehrzahl der Fälle ein sehr wetterbeständiges, auch leidlich festes Surrogat für natürliche Steine. Voraus hat es vor diesen die Trockenheit und Leichtigkeit; dagegen ist die Festigkeit doch immer erheblich geringer. Die früheren Angaben (70 bis 110 Kilo pro Quadratcentimeter nach einigen Angaben, 110 bis 200 nach anderen, bis 400 nach noch anderen, aber schon längst als unrichtig erkannten Daten) sind in neuerer Zeit durch ausgiebige Versuche[1]) dahin präcisirt, dass die ersteren, von englischen Autoren mitgetheilten Werthe sich im Allgemeinen bestätigt haben. Klinker zerbrachen bei einem Drucke von 108 bis 139 Kilo auf 1 Quadratcentimeter[2]), gewöhnliche (rothe) Ziegel bei 90 bis 125, meist aber höchstens bei 105; normal angefertigte poröse Ziegel hielten einen Druck von

1) An der Berliner Gewerbeakademie (durch die königliche Prüfungsstation) angestellt.

2) In einem Falle nur mehr, nämlich 167 Kilo.

86 Kilo aus, schlecht gemengte dagegen nur etwa $^1/_{10}$ desselben. Neuwieder Ziegel (von evident fehlerhafter Zusammensetzung) hielten ebenfalls einen viel zu geringen Druck, 25 Kilo auf obige Fläche, aus. Man ersieht daraus die Nothwendigkeit, neue Sorten stets einer Prüfung zu unterziehen. Die Sicherheit, welche der Techniker fordert, ist in der Regel die zehnfache, so dass die permanente oder öfter wiederholte Belastung nur etwa 8 bis 14 Kilo pro Quadratcentimeter zu betragen hätte. Die Zugfestigkeit soll $^1/_5$ der Druckfestigkeit betragen; sie würde sich, was bei der Abwesenheit von Rissen u. s. w. auch wohl erklärlich, im Vergleich mit Steinen verhältnissmässig etwas günstiger als die Druckfestigkeit verhalten. —

Das Aufsuchen der Thonlager, die erste, alle anderen Arbeiten bedingende Aufgabe bei jeder Ziegeleianlage, ist eine sehr einfache Sache, wenn man den geognostischen Bau einer Gegend kennt, die Lagerung der verschiedenen Schichten gegen einander und gegen die Bodenoberfläche aufgenommen hat. Man wird dann stets die Oertlichkeiten im Voraus bestimmen können, an denen man die Thone überhaupt beim Eingraben in die Erde finden wird, und kann durch Bohrungen ihre Tiefe leicht ganz genau feststellen. Sind die Thone sehr oberflächlich gelegen, so geben sie sich ohnehin durch die Bodenbeschaffenheit und durch die auf dem Boden wachsenden Pflanzen (Thonpflanzen, wie z. B. Huflattich, auch Ackerschachtelhalm, vgl. im letzten Kapitel) zu erkennen. Im Besonderen möchten 2 Fälle zu unterscheiden sein. Sind die Schichten auf grosse Strecken söhlig oder doch nahezu horizontal gelagert, ähnlich wie etwa in dem Durchschnitte Figur 48, so ist der Erdbohrer, Teller- oder Löffelbohrer, von besonderem Nutzen. Bei sehr flacher Lage ist ein dünnerer Löffelbohrer, ähnlich den Seitens der Oekonomen gebrauchten Stockbohrern, mit wenigen (2—3) Gestängestücken à 1 Meter ausreichend; sonst ist der Tellerbohrer oder noch besser ein kräftigerer Löffelbohrer mit Gestängestücken zu $1^1/_2$ bis 2 Meter Länge anzuwenden, den man mittels eines Gestelles fixirt. Auch da, wo der Thon ansteht, muss in söhligem geschichtetem Gebirge und Erdreich gebohrt werden, um die Mächtigkeit des Thonlagers zu ergründen. Diese zu kennen, ist unbedingt nöthig, da man sonst die auf dem bestimmten, etwa Seitens des Unternehmers anzukaufenden Terrain wirklich vorhandene Thonmenge nicht kennen und leicht auf zu geringe Mengen allzu grosse Anlagen basiren würde. Sehr viele der neuen Ziegeleien leiden an diesem Fehler, dessen Folge dann wieder ein oft viel zu weit in die Ferne ausgedehntes Suchen nach Thonlagern ist. Sonst ist das Hangende zuvor zu durchbohren, was in losem Sande seine Schwierigkeit haben und eine Sicherung des Loches durch Bohrröhren nothwendig machen kann. Hat man auf einem Terrainstücke eine genügende Zahl Bohrlöcher, so kann

man leicht sich Quer- und Längsprofile durch die Thonschicht und ihr Hangendes aufstellen und die Grösse der Abkummerungsmasse und der zu gewinnenden Thonmasse im Voraus berechnen. Selbstverständlich sind natürliche Aufschlüsse an benachbarten steileren Hängen und ältere Thongruben (überhaupt schon vorhandene künstliche Aufschlüsse) immer von bedeutendem Nutzen für die Ermittlung, und sind dieselben in grosser Nähe vorhanden, so genügt oft eine viel geringere Zahl von Bohrungen, um eine sichere Kenntniss der Schichtenlagen zu erhalten. Wäre z. B. nur einige hundert Meter von einer zu untersuchenden Stelle ein tieferer Aufschluss oder ein Steilhang, aus welchem zu ersehen, dass eine Thonschicht 5 Meter mächtig wäre, hätte man dann durch 2 Bohrungen erkundet, dass dieselbe Thonschicht an den Enden des der in Frage kommenden Terrains 3 resp. 4 Meter tief angetroffen würde, so hätte man einmal eine Abkummerungsmasse, deren Cubikinhalt sich aus der Grösse der Fläche des Areals mal $3^1/_2$ Meter ergäbe, zweitens eine Thonmasse von einem Cubikinhalte, der sich aus derselben Fläche mal 5 Meter berechnete, wovon nur noch die (übrigens meist steil, daher schmal anzulegenden) Böschungsmassen rings um die anzulegende Grube abzuziehen wären. Sind die Schichten stärker geneigt, so ist man hinsichtlich der Massen oft in minder günstiger, oft in günstigerer Lage; ersteres meist, wenn man eine steilere Schicht nicht im Streichenden verfolgen kann und die Abkummerung überwältigend wird, letzteres, wenn durch sehr steile Einfallwinkel oder durch grosse Mächtigkeit der Thone diesser Uebelstand beseitigt wird. Die Ermittlung der Massen ist meist einfacher und leichter, da man aus den Einfallwinkeln und den Dimensionen des Ausgehenden — höchstens unter Zuhülfenahme einzelner Bohrungen — stets den Verhalt erschliessen kann.

Die Thonlager vertheilen sich, da die älteren Formationen an Stelle der Thone die festen Schiefer u. dergl. haben, auf die Formationen mittleren und jüngeren Alters. Die ältesten Lager, welche für Deutschland Wichtigkeit erlangen, sind die der oberen Trias, in welcher nicht nur hie und da einzelne Thonbänke der Lettenkohlebildung und einzelne Partien der röthlichen, thonreichen Keupermergel, sondern im Ganzen mit besserem Erfolge graue Thone der oberen Grenzformationen, des Rhät, benutzt werden (z. B. in der Gegend von Helmstedt). Viel wichtiger sind die Thone des Lias, welche durch ganz Westfalen einen grossen Theil des Materials für die Ziegeleien hergeben, meist ziemlich fest brechen, aber an der Luft sehr bald zu plastischem Thon werden. Wenn auch nicht so durchgängig, wie in Westfalen, kommen in vielen Theilen Nord- und Süddeutschlands thonige Liasschichten vor und geben auch fast überall Veranlassung zur Anlage von Ziegeleien, und gilt ganz dasselbe vom braunen oder

mittleren Jura. Sind die nächsten Schichtenabtheilungen minder reich an guten Thonlagen, so ist die untere Kreide, Neocom- oder Hilsbildung sowohl, als namentlich Gault in Nordwestdeutschland wieder eine bedeutende Fundgrube derselben, auf welcher fast die ganze Thonindustrie im Hildesheimischen und eines grossen Theils der Gegend um Braunschweig und weiter nach Osten und Südosten beruht. Nachdem sich der Pläner zwischengeschoben, ist wieder die obere Kreide in Westfalen, am Harzrande, um Hannover, Peine und bis Braunschweig reich an guten, oft klinkerartig und hellfarbig sich brennenden Thonen. Die Braunkohlenformation hat die grauen Rupelthone oder Septarienthone (hie und da im Nordosten Deutschlands, im Mainzer Becken), ferner in noch etwas tieferem Niveau eines Theils die samländischen Thonschichten, anderen Theils bis in die Gegend von Halle die Kapselthone und anderen Thonbänke der eigentlichen Braunkohlenformation. Das Diluvium ist namentlich in seinen unteren Lagern reich an sehr gutem Materiale; hierher gehören die Glindower Thone der Gegend von Potsdam und ihre weit durch die Mark verbreiteten Aequivalente, aber auch manche ähnliche, nur stärker mit Gesteinstücken vermischte und deshalb kostspieliger vorzubereitende mächtige und gute Thone (z. B. in der ganzen Gegend südlich von Berlin, um Baruth, Sperenberg). Selbst die obersten Geschiebemergel werden, namentlich wenn sie durch die Atmosphärilien entmergelt und damit thonreicher geworden, in der Mark sehr häufig mit den tieferen Thonen zusammen verwerthet. Allein selbst die Alluvialbildungen sind noch reich an Thon; es finden sich nicht nur in der norddeutschen Ebene hie und da Ziegeleien, welche auf Wiesenthon basirt sind, sondern ganz besonders ist es auch der thonige Flussabsatz, welcher gutes und leicht zu verarbeitendes Material liefert und namentlich wesentliches Bedingniss der so hoch entwickelten holländischen Ziegelindustrie ist, wie er ja auch im alten Aegypten der Ausgangspunkt dieses ganzen Zweiges der Technik war.

Obgleich der ungebrannte Thon und Lehm eigentlich bei den Mörtelingredienzien abzuhandeln wäre, so schliesst er sich doch naturgemäss hier so gut an, dass die wenigen Worte, welche über ihn zu sagen, am besten hier ihre Stelle finden. Der Lehmmörtel ist gleich den aus einfach getrockneten, nicht gebrannten Lehmsteinen aus derselben Masse (nämlich einfach mit Wasser gut gemengtem unreinem, sandhaltigem und fast immer okerfarbigem, magerem und meist noch besonders angemagertem Thone oder Lehme) überall zu verwerfen, wo er der Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Dagegen widersteht er der Hitze sehr gut und ist daher für Mauerwerk, welches mit Feuer in direkte Berührung kommt, der einzig zulässige Mörtel. In ähnlicher Weise sind die Lehmsteine für kleinere Feurungsanlagen gut anwendbar, allein ihrer sehr geringen Festigkeit halber nie für

grössere, besonders höhere Constructionen; auch gewähren die gebrannten Steine hinsichtlich der Feuerfestigkeit dieselben, die Chamottesteine u. dergl. noch grössere Vortheile. Wo, wie im Innern der Wohnungen, Nässe und starker Druck nicht zu fürchten, werden die Lehmsteine der Billigkeit halber wohl als Steinsurrogat verwandt. Auch verdankt der Lehm der Plasticität des in ihm enthaltenen Thones die Fähigkeit, zum Verputzen der Wände zu dienen — sogar, wenn Holzhürden als Schutz gegen das Wegspülen durch Regen angewandt werden, an Aussenmauern als sogenannter Lehmschlag, was als die eigentlich deutsche Bauart der alten Zeit zu bezeichnen ist — und endlich die Verwendung zur Herstellung der Pisé- Mauern, welche vermöge des sehr kräftigen Zusammenschlagens des wenig angefeuchteten Lehmes eine gewisse, freilich immer nur geringe Wetterbeständigkeit zeigen. Die Bereitung des Pisé's mit Hülfe von Holzformen, in welche der Lehm gestampft wird, ist jedoch zu sehr Sache der Bautechniker, um hier ausführlich erörtert werden zu können. Die in manchen Gegenden (Nordthüringen, Provinz Sachsen, besonders im Eichsfelde) üblichen geringen Surrogate für Pisé, nämlich einfacher Lehm oder mit Wasser angerührter Chausseestaub mit Stroh und Stein gemengt und zu Umfassungsmauern verwandt, sind unbedingt wohl als verwerflich hinzustellen und gewähren in ihrem stets vom Wetter stark angefressenen Zustande einen traurigen Anblick.

Der Glasindustrie, der Fabrikation geschmolzener, amorph erstarrter Silikate, kann hier nur im Vorübergehen gedacht werden, obgleich sie auch für die Architektur eine immer grössere Bedeutung erlangt hat, nachdem einmal die Anfertigung glatter Scheiben (zuerst zu Spiegeln, die man aus schwarzem Glase schon im alten Rom kannte) gelungen war. Zu beachten ist, dass natürliche Materialien aus dem Mineralreiche, welche an Stelle des Glases treten können, erst neuerdings, also viel später, als Glas, in erhöhtem Maasse angewandt werden. Es ist dies besonders der helle Glimmer, also ein Theil des Muscowits, der in Russland und namentlich in Ostindien aus sehr grosskörnigem Granitgestein genommen, aus letzterem Lande zur Zeit besonders nach Breslau importirt und dort zu unzerbrechlichen und in der Hitze nicht springenden Fensterscheiben (für Laternen u. s. w.) und, cylindrisch gebogen und eingefasst, zu ebensolchen Lampencylindern u. dergl., sowie zu Schutzbrillen gegen Verletzungen durch Steinsplitter beim Bearbeiten spröder Steine, verarbeitet wird. Andere durchsichtige natürliche Stoffe, z. B. das gleich dem Glimmer höchst vollkommen spaltende Fraueneis (Gyps; der Name Marienglas gebührt nicht diesem, sondern dem Muscowit), der für manche Zwecke ausgezeichnete, nur zu kostspielige Bergkrystall, finden immer nur eine gelegentliche Verwendung. Für rohe Völkerschaften sind eher

noch organische Gegenstände (innere Häute u. dergl.) zu ähnlichem Zwecke verwendbar.

Das Glas selbst, im Alterthume[1]) hauptsächlich zu Geschirren und Zierathen benutzt, ist im nördlichen Europa sehr frühzeitig zur Herstellung eines der wesentlichen Theile unserer Gebäude benutzt und zwar nach früheren Nothbehelfen mit runden Scheibchen auf wesentlich zwiefachem Wege. Das englische, seit 1557 übliche Verfahren besteht in einem raschen Drehen der rundlich geblasenen Glasmasse, durch welches sie flach ausgedehnt, nachher zerschnitten wird (Crownglas oder sogenanntes Kronglas, englisches Spiegelglas, an dem die concentrischen Unebenheiten noch zu sehen). Das deutsche Verfahren, im 17. Jahrhundert bereits üblich, stellt mittels Blasen einen Glascylinder her, dessen Boden und Hals abgesprengt, der dann grade auseinander gesprengt und bei mässigem Feuer platt gebogen wird. Ein drittes Verfahren ist neuerdings nicht nur zur Herstellung von Spiegeln, grossen Fensterscheiben, sondern auch namentlich zur Anfertigung dicker, haltbarer, ähnlich wie Dachsteine oder auch zur Herstellung durchsichtiger Fussböden zwischen zwei Stockwerken zu benutzender Glasscheiben angewandt, nämlich das Giessen (sogenanntes Krystallglas). In allen Fällen ist die Herstellung eines weissen oder doch fast weissen Glases Hauptsache, und diese ist als der wichtigste der wenigen Vorzüge der neueren Glasfabrikation im Vergleich zu der des Alterthums zu bezeichnen. Sie wurde wesentlich begünstigt durch die Einführung der Pottasche an Stelle des von den Alten angewandten Natrons, welches stets ein missfarbiges Glas gab, während man mit Hülfe jener namentlich in Böhmen und England sehr bald ein fast farbloses, endlich ein wirklich weisses Glas herstellen lernte. In neuerer Zeit (seit 1791) ist nun freilich in der Massenfabrikation das Natron wieder an die Stelle des theureren Kalis getreten; allein man hat doch nun die Farben, welche man dem Glase zu geben weiss, in der Art mischen gelernt, dass ein annähernd neutraler Ton resultirt, und erzeugt daher auch farblose Natrongläser. Es würde zu weit führen, wollten wir die Bestandtheile aller der einzelnen Glasarten durchgehen. Die wichtigsten sind die gemischten Kalk- und Kaligläser (Krystallglas, englisches Fensterglas; Kronglas oft auch blosses Kalkglas), die reinen Kali- oder Natrongläser (das meiste frühere und jetzige Fensterglas, ersteres mit Kali, letzteres mit Natron), die mit Schwermetalloxyden versetzten Gläser (insbesondere das Flintglas, ein Kali-Blei-Glas, manchmal mit Wismuth und Borax, ausserdem auch einiges Krystallglas, das minder bleihaltig ist)

1) Die Erfinder sind zweifelsohne die Aegypter gewesen, bei denen die Industrie 1700—1800 v. Chr. nachweislich in hohem Schwunge war, und von denen aller Wahrscheinlichkeit nach die Phönicier sie erst gelernt haben.

die ausserdem Thonerde, neben Alkalien, haltenden Gläser (Flaschenglas, ein Kalk-Thonerde-Glas, auch Magnesia-Thonerde-Glas). Die Reinheit der Materialien ist immer ein Haupterforderniss, namentlich bei den weissen Gläsern, und ist besonders die Beschaffung reinen Sandes (Quarzsandes), von weisser Farbe und möglichst frei von Eisen und Kalk, eine Hauptaufgabe. Die Alkalien werden in Gestalt verschiedener Salze zugesetzt; auch hier ist Reinheit ein wichtiges Erforderniss und ebenso für die Kalke, unter denen weisser Marmor, Kreide und manche Tuffkalke die beliebtesten sind. Von den Farben möchten die blaue des Kobalt, die hellblaugrüne des Eisenoxyduls, die grüne des Kupferoxydes und Chroms, die hellgrüne des Urans, die gelbe des Antimons und Silbers, die gelbbräunliche des Eisenoxydes (aber auch durch Schwefelzusatz zu erzielen)[1]), die rothe des Goldes, die blutrothe, etwas trübe des Kupferoxyduls, die amethystfarbene und durch Beimischung zu Grün etc. weiss und neutral grau (bis schwarz) herstellende des Mangans hervorzuheben sein. Milchige Trübung wird durch Kalkphosphat (Knochenerde, daher Beinglas), auch Zinn (besonders für Email) hervorgebracht. Farbige trübe Gläser (Avanturine) werden auf mannigfache Weise, welche oft Fabrikgeheimniss ist, hervorgebracht. Die hauptsächlichsten metallischen Ingredienzien ergeben sich aus Obigem; am häufigsten werden Bleiverbindungen benutzt, endlich auch noch Strontianit und Witherit (alle drei für wasserhelle Gläser), sowie Flussspath (besonders für halbdurchsichtiges Glas). Die stärkste Brechungsfähigkeit haben Bleigläser, denen man von Alkalien besser Kali als Natron zusetzt, und diese werden daher auch als stark brechende Gläser (zu künstlichen Edelsteinen, als Strass) verwandt. —

Zu den wichtigsten der Industriezweige, welche eine geologische Grundlage bedürfen, gehören die Herstellungsverfahren der verschiedenen Mörtel, von denen (da der einfachste, der Lehmmörtel, bereits erledigt) zunächst der gewöhnliche Kalkmörtel zu erwähnen ist. Die Theorie desselben ist sehr einfach; man brennt den kohlensauren Kalk $CaCO_3$, aus 56 Procent Kalk und 44 Kohlensäure gebildet, und erzeugt einfaches Calciumoxyd unter Verlust der 44 Procente Kohlensäure; das CaO rührt man unter Erhitzung der Masse entweder mit viel Wasser an, wobei reiner Kalk sich von 1 auf $3^1/_2$ Volumina ausdehnt, also das $2^1/_2$fache seines Volumens an Wasser absorbirt und mit ihm einen festen Brei bildet, oder man löscht es als Staubkalk mit weniger Wasser (unter Vergrösserung des Volumens

1) Das gewöhnliche Verfahren ist ein Zusatz von Birkenborke, die dann verkohlt, oder Birkenkohle, deren Kaligehalt wohl hauptsächlich den Schwefel in die Glasmischung eingehen macht, welcher aus der Reduktion der in der Asche enthaltenen Sulfate durch die Kohle resultirt.

um das $1^1/_2$fache, also von 1 auf $2^1/_2$) zu einem Pulver, welches aber ebenfalls aus Calciumoxydhydrat, in 100 Theilen 75,7 Calciumoxyd und 24,3 Wasser, besteht; aus beiden mengt man mit Wasser und Sand den Mörtel an, der nun aus der Luft sehr langsam wieder Kohlensäure anzieht und sich, zunächst nur oberflächlichlich, in kohlensauren Kalk verwandelt. Der Mörtel ist nur an der Luft verwendbar (daher er Luftmörtel genannt wird); Wasser würde das weiche Kalkhydrat wegspülen, bevor eine Erhärtung stattfinden konnte. Die Kalköfen, in welchen der kohlensaure Kalk zu Aetzkalk gebrannt wird, sind gewöhnliche, periodische, welche nach jedem Brande wieder erkalten, und an deren Stelle auch das rohere Meilerbrennen, ganz ähnlich dem Brennen der Kohlenmeiler, treten kann; oder es sind continuirliche, bei denen in einen cylindrischen oder kegelförmigen, meist nach unten verjüngten, mitunter aber auch der Figur 59, S. 266, entsprechendem, oben etwas verengten, ziemlich hohen ummauerten Raum fortwährend von oben Kalk und Brennmaterial gemischt eingefüllt werden, unten aber das gar gebrannte Material ausgezogen wird. Ein Todtbrennen des Kalkes, d. h. eine zu starke Erhitzung, ist bei reinem Kalke, der sich nach Austreiben der CO_2 nicht mehr ändert, nicht zu befürchten. Die reineren, sogenannten fetten (viel Sand, etwa das 6fache ihres Gewichtes, bei der Mörtelbereitung vertragenden) Kalke sind indess verhältnissmässig selten; hauptsächlich gehören zu ihnen alle edlen Marmorarten, sowie die in Gängen auftretenden krystallinischen Kalke, die Kreide und einige der geschichteten Kalkgesteine, sowie der Tuffkalke und ganz besonders auch die an der See, z. B. in Hamburg, oft verwendeten Muschel- (Auster-) Schalen. Im Allgemeinen rechnet man daher auch solche unreine Kalke, bei welchen die Beimengungen unter 10 Procent betragen — wie manchen Kalk der älteren Formationen oder Bergkalk, insbesondere den subcarbonischen Bergkalk im engeren Sinne, einen Theil des Muschelkalkes, einige Jurakalke — noch zu den fetten, obwohl bei vielen derselben die Menge des absorbirten Wassers und die des in den Mörtel zu mengenden Sandes geringer wird. Brennt man solche Kalke zu stark, so bilden sich hie und da verschlackte Stücke, in welchen der beigemengte Thon und Sand mit dem Kalke zusammengeschmolzen ist, die sogenannten todtgebrannten Steine, deren Menge hier aber immer noch gering ist. Schon mehr Sorgfalt beim Brennen erheischen die unreinen, sogenannten mageren Kalke mit 10—12 Procenten Beimengungen; bei ihnen nimmt die Volumvermehrung beim Anrühren, das „Gedeihen", bis auf $1^3/_4$ Volumina ab (sodass 1 Theil $2^3/_4$ Volumtheile Kalkbreies giebt, statt der $3^1/_2$ des fettesten Kalkes), die Menge des dem Mörtel zuzusetzenden Sandes wird erheblich geringer und kann auf das Doppelte des Gewichts vom Kalke sinken. Diese mageren Kalke

bilden oft schon den Uebergang zu den später zu besprechenden hydraulischen Kalken und liefern bedeutend mehr todtgebrannte Stücke, wenn die Hitze erheblich über den zum Austreiben der Kohlensäure genügenden Grad getrieben ward. Die Schichten, welche solche unreine Kalke liefern, sind überaus zahlreich und fast in jeder Formation vertreten; zu den vorbenannten kommen namentlich noch die Kreide mit vielen Mergelkalken, sowie das Alluvium mit einem Theile der Wiesenkalke. Jedenfalls ist die Auswahl eine ungleich grössere, als bei der der Kalksteinbrüche, indem eine grössere Zerklüftung und Zerbrechlichkeit der Steine nichts schadet, wie ja auch die Abfälle der Kalkbruchsteine zum Brennen verwerthbar sind.

Der Sand spielt bei dem Luftmörtel keine chemische Rolle; er wirkt nur mechanisch, indem er die Kalkmasse auseinanderhält, der Luft zugängig macht, sie am Rissigwerden hindert. Daher ist auch die mineralogische Zusammensetzung des Sandes gleichgültig; selbst Kalksand, auch Dolomitsand sind zulässig. Im Ganzen ist der häufigste, der Quarzsand (besonders der reine, z. B. Flusssand), sehr zweckmässig, aus dem Grunde aber, weil er mechanisch wirkt, ist ein aus eckigen Stücken bestehender, scharfer Sand besser, als ein milder, und ein ungleichkörniger, nicht allzu feiner, besser als ein gleichmässig feiner.

Es giebt indessen auch Zusätze, welche zugleich in geringerem oder grösserem Maasse eine chemische Wirkung äussern; dieselben liefern dann aus dem gewöhnlichen Kalke einen Mörtel, welcher mehr oder weniger hydraulische Eigenschaften zeigt, d. h. auch unter Wasser zu erhärten im Stande ist. Manche Zusätze geben dem Mörtel diese Fähigkeit in hohem Grade; namentlich gehört dahin die Puzzolanerde von Puzzuoli, früher Puteoli, nahe beim Vesuv, und der rheinische „Trass", ein besonders im Brohlthal gewonnener trachytischer Tuff, der gemahlen und gleich der Puzzolane dem gewöhnlichen Kalkmörtel zugesetzt wird. Von diesen Stoffen bestehen die Puzzolane aus 60 Proc. (zu 10 Proc. löslicher) Kieselsäure, 20 Thonerde, wovon fast die Hälfte löslich, etwas Kalk, Magnesia, Kali, Natron und 5 Proc. Eisenoxydul; der Trass aus 53 Kieselsäure, 18 Thonerde, wovon 5, resp. 2 Proc. löslich, 3 Eisenoxydul, 8 Kali und Natron, etwas Kalk, Magnesiakalk, 12 Wasser. Die wohl an die Stelle dieser Stoffe gesetzten gepulverten Schlacken haben häufig zunächst eine ähnliche Wirkung gehabt, sind jedoch ihrer eigenen geringen Wetterbeständigkeit in die Praxis nicht recht eingebürgert. Weit eher hat sich, z. B. bei der Göltschthalbrücke, ein Zusatz von Ziegelmehl — auf gleiche Theile Kalk und Sand — bewährt; ein fernerer Zusatz von Eisenfeilspähnen oder Hammerschlag (meist aus Eisenoxyduloxyd bestehend), den man nach Loriol

früher ziemlich häufig machte, ist indessen nicht als wesentliche Verbesserung anzusehen. Andere vulkanische Tuffe, besonders trachytische, würden jedoch häufig die Stelle des Trasses und der Puzzolane vertreten können[1], und ist in neuerer Zeit, wenn auch nicht so kräftig wirkend, die Santorinerde in ähnlicher Weise benutzt. Das Wesentliche ist bei ihnen immer die Bildung von Silikaten, welche unabhängig vom Zutritte der Kohlensäure der Luft und, da sie in der Mörtelmengung selbst bedingt ist, viel rascher eine Härtung hervorbringt. Der Quarzsand, aus völlig unlöslicher (nicht aufschliessbarer) Kieselsäure bestehend, kann zu diesen Processen nichts beitragen; dagegen ist die Kieselsäure von aufschliessbaren Silikaten, wie sie in allen obigen Fällen zugegen waren, dazu nothwendig.

Dieser ersten Art hydraulischer Mörtel, den „Puzzolanmörteln" (oder Zuschlagmörteln) stellen sich die ferneren Arten gegenüber, bei welchen eine andere chemische Zusammensetzung des Hauptbestandtheiles stattfindet.

Von ihnen ist zunächst der Magnesiacement oder Dolomitcement als eine Besonderheit zu trennen, die auf wesentlich verschiedene chemische Vorgänge basirt ist, als die übrigen. Wenn man das bekannte und oben erwähnte Doppelsalz Dolomit, $CaCO_3 + MgCO_3$, nur schwach, bis nicht viel über 400° C. erhitzt, so giebt die Magnesia bereits ihre Kohlensäure ab, der Kalk nicht; wird nun diese Temperatur nicht oder nicht erheblich überschritten, so resultirt eine Substanz, die gepulvert und mit Wasser angemengt unter geringer Volumvergrösserung sich in ein inniges Gemenge von kohlensaurem Kalke und Talkhydrat, also in $CaCO_3 + H_2MgO_2$, verwandelt. Dies geschieht unabhängig von Luftzutritt und liefert einen sehr widerstandsfähigen Wassermörtel, indem das Talkhydrat, wenn auch weich (Härte 2), doch in der mechanischen Verbindung mit dem Kalke hart genug und dabei unlöslich ist. Es findet sich ein diesem Mörtel ähnliches Mineral, der Predazzit, auch in der Natur; das reine Talkhydrat liefert das Mineral Brucit. Selbstredend wird diese Art der Wassermörtelbildung aufgehoben, sobald auch der Kalk seine Kohlensäure verliert; hier und auch bei Gegenwart von Kieselsäure und Thonerde in einer stärker geglühten Mörtelmasse wirkt die Magnesia ziemlich wie der mit ihr zugleich vorhandene Kalk, so dass sie alsdann in den fetten Kalken ohne wesentlichen Vortheil ist.

Sind auch an manchen Orten (Nordengland, Amerika) diese Dolomitmörtel in Gebrauch und beliebt, so haben sie doch bei weitem

---

1) Als Curiosum kann der Chalcedonmörtel, aus gleichen Theilen Kalkbrei, Sand und gebranntem Chalcedon, aufgeführt werden, der in Kurzem marmorhart wird.

nicht die Bedeutung, wie diejenigen Kalke, welche wegen eines höheren, über 20 Procent betragenden und zugleich zweckmässigen, wesentlich aus Kieselsäure und Thonerde bestehenden Gehaltes an Beimengungen beim Brennen an und für sich die Eigenschaften erlangen, welche in dem obigen Falle dem Mörtel erst durch den eigenthümlichen Zusatz ertheilt wurden. Die Anwendung dieser Kalke ist wesentlich neueren Ursprungs; die Römer stellten ihren hydraulischen Kalk ausschliesslich mit Hülfe der Puzzolanerde her, und es ist eine nicht ganz zutreffende Benennung, wenn die Engländer (zuerst 1769 James Parker) den aus hydraulischem Kalke bereiteten Mörtel als Roman cement einführten. Dieser Romancement war nichts als ein mässig (selbstverständlich bis über die völlige Austreibung der Kohlensäure hinaus, aber nicht bis zu erheblicher Verminderung der Menge freien, ätzenden Calciumoxydes) gebrannter hydraulischer Kalk, während man den (etwas später eingeführten) stärker gebrannten ähnlichen Mörtelstoff als Cement im engeren Sinne (als „Portlandcement" nach dem ältesten Gewinnungsorte) bezeichnet.

Beiderlei Arten hydraulischen Mörtelmaterials können aus natürlich gewonnenem Gesteine direkt gebrannt oder künstlich gemischt werden. Das Erstere ist theils wegen der Ersparniss der Proceduren des Pulverns, Mengens, Formens vor dem eigentlichen Brennen, theils wegen der Gleichmässigkeit des Materials im Allgemeinen vorzuziehen; allein nicht überall sind Steine, welche sich zur Cementbereitung eignen, in genügender Menge aufzutreiben, um einen schwunghaften Betrieb auf dieselben zu basiren, und daher ist der häufigere Fall, dass — selbst mit grossen Weitläufigkeiten, oft mit vorherigem Brennen der Einzelbestandtheile — eine Mengung vorgenommen wird. In allen Fällen ist der Grad der Widerstandsfähigkeit gegen das Wasser abhängig von der Mischung; zugleich aber hat der verschiedene Grad des Brennens wesentliche Unterschiede in der Raschheit des Erhärtens, namentlich unter Wasser, und in der Festigkeit des erzeugten Produktes zur Folge. In ersterer Beziehung unterscheidet man die stark-hydraulischen von den gewöhnlichen hydraulischen Kalken; diesen letzteren reihen sich viele der mageren Kalke in der Art an, dass ein allmähliger Uebergang stattfindet. Diese mageren Kalke mit hydraulischen Eigenschaften haben zwischen 80 und 90 Procent Kalk, gewöhnlich mit etwas Magnesia und Eisen, der Rest besteht zu 3 bis 14 Procenten aus Thonerde, zu 4 bis 11 Procenten aus Kieselsäure. Die gebrannte Masse hat gewöhnlich dann 75 bis 84 Procente Kalk mit ein paar Procenten Magnesia unter entsprechender relativer Zunahme der anderen Bestandtheile; die Formation ist dabei gleichgültig, doch gehören die unreineren Kalke der älteren Bildungen (Skandinaviens, Englands) vorzugsweise hierher. Die mittelmässigen hydraulischen Kalke enthalten unge-

brannt 75 bis 80 Procent Kalk und Magnesia, gewöhnlich nur 3 bis 5 Procente Thonerde und 7 bis 17 Kieselsäure (gebrannt 70 bis nahe an 80 Procente Kalk und Magnesia). Die Magnesia pflegt etwas stärker vertreten zu sein; sie wird von 1 bis zu 9 Procenten angegeben, bei der vorigen Sorte von 0 bis 4. Hierher gehören viele der unreinen Alpenkalke, aber auch Kalke der secundären Bildungen (Jura, z. B. bei Boulogne, Trias u. s. w.). Die stark hydraulischen Kalke, zu denen viele Jurakalke (Porta, England, Frankreich), aber auch Triaskalke (besondere Muschelkalk- und Lettenkohleschichten u. s. w.) und jüngere Kalke (England, Alpen u. s. w.) gehören, haben dagegen nur von 60 % Kalk, und Magnesia bis meist zu 70, selten darüber bis zu ca. 73; die Magnesia macht davon ebensoviel aus, wie bei den vorigen. Die Thonerde, einschliesslich des sie vertretenden Eisenoxydes, beträgt bis 12, meist etwa 8 Procent, selten darunter (bis 5), die Kieselsäure 12 bis 29, meist 16 bis 18, und gesellen sich etwa 1 Procent Kali und Natron und meist etwas Wasser hinzu. Beim Brennen stellen sich 50 bis meist nicht viel über 60 Procente Kalk und Magnesia auf circa 24 Kieselsäure und 5—10 Thonerde nebst 5—12 Eisenoxyd heraus. Aus diesen Analysen und aus einer Vergleichung des Verhaltens beim nachherigen Erhärten hat man, was für die künstlichen Mischungen wichtig, die für gute hydraulische Mörtelkalke erforderliche Menge an Kalk, Kieselsäure und Thon auf 60 bis 68 Kalk, 24—25 Kieselsäure, $8^1/_2$ bis 14 Thonerde (im Mittel auf 64 Procent Kalk, 25 Kieselsäure, 11 Thonerde) oder auf 210 bis 230 Aequivalente Kalk, 80 Kieselsäure, 15 bis 25 Thonerde berechnet. Die geringen Mengen von Alkalien sind im Ganzen nicht von grossem Belang, doch erleichtern sie das beim Brennen erfolgende Aufschliessen der Kieselsäure und des Thons in gewissem Grade. Dasselbe dürfte — was im Ganzen noch zu wenig anerkannt und beachtet ist, aber doch positiv von mehreren Seiten angegeben wird und auch meinen Erfahrungen und Versuchen entspricht — von der Magnesia gelten, welche eines Theils zu Aluminium und Silicium in der Hitze eine noch grössere Verwandtschaft zu haben scheint, als Kalk, andern Theils aber ihre aufschliessende Thätigkeit in Folge des früheren Verlustes der Kohlensäure eher beginnen kann. Die chemischen Vorgänge bestehen zunächst in Verwandlung des kohlensauren Kalks (nebst Magnesia) in ätzenden; sobald dies geschieht, fängt der Aetzkalk aufschliessend auf den Thon zu wirken. Letzterer ist sehr bald (nach etwa 1 Stunde Rothgluth) völlig zersetzt, seine Kieselsäure löslich geworden. In diesem Stadium unterscheidet sich indessen der hydraulische Kalk noch verhältnissmässig wenig vom gewöhnlichen; er erhitzt sich und erhärtet nicht sehr rasch. Setzt man die Erhitzung fort, so wird sehr bald auch die übrige (eben-

falls vor dem Brennen unlösliche, als Quarz vorhandene) Kieselsäure, mit alleiniger Ausnahme grösserer Quarzstückchen, in die lösliche Modification übergeführt, und wenn nun die Glühhitze noch ferner fortwirkt, so tritt der Kalk in chemische Verbindung mit den Bestandtheilen des Silikats (Thons) und mit der vorher freien Kieselsäure. Die Masse, welche zuvor bräunlich, meist gelbbräun war, wird nun grau. Dies Stadium der beginnenden Silikatbildung darf nun nicht überschritten werden, wenn die Qualität des Cements nicht leiden soll, und da beim Ueberschreiten des Höhenpunktes der Wirksamkeit des Cementes dieselbe sehr rasch abnimmt, so ist eine viel grössere Vorsicht beim Brennen erforderlich, als man sie meist anwendet. In der That sind die neuerdings in Deutschland in grossen Mengen und in sehr zahlreichen Fabriken angewandten Cemente sehr häufig grade deshalb unter Wasser sehr wenig tauglich, weil sie übergar gebrannt sind. Die graugrüne, meist helle Farbe wird dann allmählig etwas dunkler, blaugrau, endlich aber bildet sich eine grünlich-schwärzliche, glasige Masse, eine förmliche Schlacke, welche völlig unbrauchbar ist. Jener zweite Zustand ist daher der einzige Normalzustand der echten Cemente. Ein Abweichen von demselben nach der Uebergare hin liefert unbedingt ein schlechtes Fabrikat; ein zu schwaches Brennen giebt immer noch ein brauchbares Material, den hydraulischen Kalk im engeren Sinne oder den Romancement. Daraus sollte man den Schluss ziehen, dass das ältere Verfahren immer noch zweckmässiger war, nach welchem man lieber ein halb aus eigentlichem Cement, halb aus solchem hydraulischen Kalke bestehendes, oft noch sehr rasch erhärtendes, ja nicht selten wegen des starken Einwirkens des frisch gelöschten, überschüssigen Kalkes allzu hitziges (daher leicht „abbindendes", d. h. vor dem Verbrauche hart werdendes) Fabrikat lieferte, als das träge wirkende Pulver der fast ganz verschlackten Massen, welches Seitens mancher Fabriken als Ideal eines Cementes angesehen zu werden scheint. Dasselbe bindet zwar langsam ab und kann ungeübten Händen eher als ein rasch abbindendes Material anvertraut werden; auch ist meist die Quantität garer (nicht übergarer) Masse noch gross genug, um später eine Erhärtung zu bewirken, wesshalb man auch als Zusatz zu Luftmörteln oder zum Ueberkleiden der mit Luftmörtel gemauerten Fugen, zum Ausfugen, grade diesen halbtodtgebrannten Cement empfehlen hört. Die gepulverte Schlacke hat aber nicht viel grösseren Werth, als gewöhnlicher Quarzsand; man hat also in Gestalt des übergaren oder todtgebrannten Cementes ein Gemenge erzielt, in welchem eine gewisse Quantität relativ werthlosen Materials auf sehr complicirtem, kostspieligem Wege hergestellt ist. Bei Bauten unter Wasser kommt es dagegen oft darauf an, rasch einen festen Schutz gegen andringende Ströme zu haben, und deshalb

sind solche übergare Cemente in manchen Fällen gradezu zu verwerfen; sie werden bei solcher Gelegenheit nicht selten nach mancherlei vergeblichen Versuchen, da man einen Normalcement nicht zur Hand hat, durch schwach gebrannte (Roman-) Cemente ersetzt. Was den Chemismus im Einzelnen anlangt, so darf wohl dem Ausspruche Knapp's beigepflichtet werden, dass wir die Natur der neu gebildeten Verbindungen, seien sie blos Silikate oder Silikate und Aluminate, nicht kennen, dass wir also über den speziellen Vorgang der Erhärtung nichts Positives wissen, und dass Alles, was darüber gesagt ist, nur hypothetisch ist. Nur ist die Ansicht Pettenkofer's (trotz des andrer Seits erhobenen Widerspruchs) als sehr wahrscheinlich zu bezeichnen, derzufolge auch bei den eigentlichen Cementen oder Portlandcementen der Kalk noch mindestens zu einem erheblichen Theile frei ist. Wenn er auch von der Masse, welche zu sintern beginnt, eingehüllt wird, so wird er nach Pettenkofer doch beim Pulvern wieder frei. Die durch das Brennen lösliche Kieselsäure geht nun vermuthlich mit dem Kalkhydrat eine unlösliche Verbindung ein, bei welcher auch die Thonerde eine Rolle spielt (daher Fuchs von der Bildung eines zeolithähnlichen Minerals spricht), und wäre es ganz erklärlich, dass die zu rasche Bildung von Kalkhydrat die übrigen Vorgänge stören, daher die Einhüllung eines Theils des freien Kalkes von Nutzen sein könnte.

Die künstlichen Mischungen werden im Ganzen so zu halten sein, dass obiger Procentsatz resultirt, und muss man daher jeden Rohstoff analysiren und danach die Procentsätze der einzelnen Rohstoffe berechnen. Dabei sind Mergel von mürber Beschaffenheit, Kreide, Wiesenkalk und weicher Tuffkalk mit Recht beliebter, als fester Kalk, den man erst mühsam zerkleinern oder selbst brennen und zu Staubkalk löschen muss. Hat ein Kalk fremde Bestandtheile, namentlich Thon und Kieselsäure, wie der Wiesenkalk und der meiste Mergel, oder auch nur Kieselsäure, wie manche Kreide, oder auch, wie einige Mergel, nur Thon, so bedarf er um so weniger anderweiter Zusätze. Magnesiagehalt wird sonderbarer Weise eher gemieden, als gesucht; ohne Zweifel hat dies seinen Grund in zufällig entstandenen vorgefassten Meinungen, vielleicht auch in einem Verwechseln mit dem Verhalten der Magnesia im oben erörterten Dolomitmörtel, bei dem natürlicher Weise vor stärkerer Erhitzung gewarnt wird; dies wird dann irrthümlich auf die magnesiahaltigen Kalke und Cemente ausgedehnt. Die Thone sind meist etwas kalkhaltig (mergelig) und namentlich quarzsandhaltig, oder auch mit feinem Quarzsande (Schluff) vermengt; auch für sie ist danach eine grössere Quantität zu berechnen, als man vom reinen Thone zuzusetzen hätte. Bemerkenswerth ist, dass bei Anwesenheit von viel fein vertheilter Kieselsäure der Thongehalt innerhalb der obigen

Grenzen geringer angenommen werden kann. Die Verwendung quarzsandreicher Thone ist überhaupt mit Recht beliebt; sehr häufig, ja meistens, geben die übrigen Bestandtheile schon eine genügende Menge Kieselsäure, die man sonst in Gestalt möglichst feinen Sandes zuzusetzen hat. Aus solchen gepulverten und gut gemengten Materialien formt man mit Hülfe von Wasser Ziegel, welche man lufttrocken werden lässt und dann in derselben Weise brennt, wie das natürliche Material.

Das Brennen geschieht auch hier in periodischen oder continuirlichen Oefen, wie beim Kalk, unter Einschütten von Cementstein und Feuerung, und zwar meistens auf letztere Art. Von solchen continuirlichen Oefen bilden wir in Fig. 59 und 60 einen der einfachsten, wie

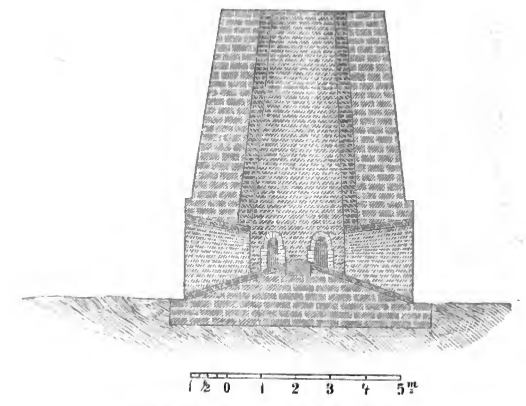


Fig. 59. Cementofen im Durchschnitt.

er zu österreichischen Eisenbahnbauten schon vor längerer Zeit angewandt ist, im Durchschnitte und Grundrisse ab.

Der gebrannte Cement (vom spec. Gew. etwa 3,1) ist stets zu pulvern, was gewöhnlich mit Hülfe eines Kollerganges (aus rotirenden aufrechten Steinen auf einem Bodenstein bestehend) geschieht. Danach wird er gesiebt und in Fässer à 1 Hectoliter ca. (200 Kilo Brutto) verpackt.

Die Anlagen der Cementfabriken, wie der der Kalköfen und auch der Ziegeleien, sowie die der im Folgenden zu besprechenden Gypsöfen, sind im Allgemeinen so zu machen, dass man das Steinmaterial in möglichster Nähe, das Feuerungsmaterial auch möglichst

billig und zur Hand hat. In dritter Instanz ist thunlichst billige Abfuhr zu berücksichtigen. Vorzugsweise wird daher die Umgegend der Bahnhöfe hinsichtlich der zu erwartenden Ausbeute an Rohmaterial zu untersuchen sein. Kann man eine Anlage mehrerer der genannten Industriezweige mit einander verknüpfen, wie z. B. Kalk- und Cementbrennen, oder Cement- und Ziegelbrennen, so ist erklärlich, wie manche Ersparnisse im Betriebe eintreten können, während auch die Absatzquellen sich vervielfältigen. Eine Unterstützung des Betriebes durch Terrainverhältnisse, z. B. die Anlage eines Ofens an einem Berghange, von welchem die Einfuhr des Fällungsmaterials ohne künstliche Gerüste geschehen kann, ist nie zu verschmähen. In anderer Beziehung ist oft dem Terrain durch zweckmässige Benutzung eine günstige Seite abzugewinnen. Hätte man z. B. eine Fabrik an einem Berghange und in geringer Entfernung auf dem Berge eine tiefe Grube für Thongewinnung oder einen tiefen Steinbruch, so könnte man vielleicht mit Hülfe eines Stollens einen sehr billigen Betrieb einrichten, statt kostspielig durch Maschinen das Material am Gewinnungsorte emporzuschaffen, um es zur Fabrik wieder hinabzulassen, u. dergl. m.

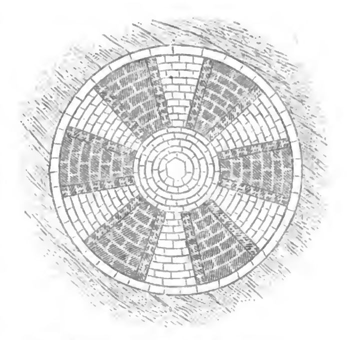


Fig. 60. Cementofen im Grundriss.

Die **Gypsöfen** sind im Ganzen mehr auf die natürlichen Vorkommnisse des Rohmaterials angewiesen, deren wichtigste im zweiten Kapitel des ersten Abschnittes aufgezählt sind. Die Theorie des Brennens ergiebt sich auch aus dem oben (Abschn. I, Kap. 1) Gesagten. Vom Krystallwasser gehen $^3/_4$ oder $15^1/_2$ Procent des Totalgewichtes, schon sehr früh, im Luftstrom unter Siedehitze, in ruhender Luft bei 125 bis 150° C. fort; das letzte Viertel (salines Wasser) entweicht bei 170° C. Alsdann zieht der Gyps immer noch rasch wieder Wasser an, wenn auch nicht so rasch, als der unter 170° C. erhitzte, theilweise entwässerte; bleibt er aber dieser Hitze länger ausgesetzt, so verliert er — ohne Zweifel in Folge des Uebergehens in Anhydrit — die Fähigkeit, Wasser wieder anzuziehen. Nach Einigen geschieht dies schon bei 176° C., nach Andern bei 204° C., jedenfalls ist bei letzterer Temperatur ein vollständiges „Todtbrennen" erfolgt. Dass der Gyps die Eigenschaft des Wasseranziehens dann aber vollständig verloren



habe, gilt von ihm so wenig, als vom Anhydrit; nur geschieht es äusserst langsam, um so langsamer, je stärker die Erhitzung (Anhydritbildung) war. Es ist daher wesentlich, das Brennen des Gypses in den angegebenen niederen Grenzen, am Besten unter 170—176° C. zu halten, und zieht man darum geringere Sorten von Feuerungsmaterialien und grosse Flamme vor. Mengungen der Feuerung und des Gypses sind hier unzulässig, da sie, wenn überhaupt Verbrennung eintreten soll, zu viel Hitze geben, und ausserdem die Asche schädlich ist. Der Gyps kommt, gleich dem Cemente (und ungleich dem Kalke) als Pulver in den Handel; das Mahlen geschicht wie beim Cement, auch müssen, wie bei diesem, die Fässer trocken aufbewahrt werden, da das Gypspulver die Feuchtigkeit begierig anzieht, auf der Fähigkeit, mit Wasser einen rasch erstarrenden Brei zu bilden, aber der Werth desselben abhängt. Der Mörtel erhärtet im Allgemeinen rasch und auch unter Wasser. Beliebt ist er für Dächer und ähnliche Fälle, wo der Kalk erst nach zu langer Zeit genügend hart sein würde, um Schutz vor dem Regen zu gewähren. Die wahre Bedeutung des Gypses wird erst aus dem Folgenden erhellen.

Obgleich als Mörtel verhältnissmässig am wenigsten verwandt, ist doch auch der Asphalt zu den Mörtelmaterialien zu zählen. Seine Gewinnung hängt wie beim Gypse von den natürlichen Vorkommnissen ab, die nicht ganz so zahlreich, wenn auch immer noch ansehnlich sind; auch werden die Fundstätten fast täglich vermehrt. Die hauptsächlichsten älteren Fundorte sind das Todte Meer, nach welchem der Asphalt Judenpech genannt wurde, und von welchem schon die Aegypter ihn bezogen, sowie der Asphaltsee auf der Insel Trinidad, auf welcher ausserdem Riffe an der Küste und eine etwa 3 Meter unter der Meeresoberfläche liegende Bank aus Asphalt bestehen. Wie es scheint, ist durch vulkanische Hitze ein Theil der dortigen Asphalte geschmolzen und in einen See von ca. 800 Meter Länge, 100 Meter Breite vereinigt, der nur $^3/_4$ Meilen von der Küste und etwa 25 Meter über der Meeresfläche liegt. Am Rande ist das Pech hart und kalt, weiterhin weich, dann flüssig und endlich kochend, wenn nicht die Regenmenge der Regenzeit eine oberflächliche Kühlung veranlasst. Dem Vorkommen in Palästina schliesst sich ein anderes aufwärts am Jordan und ein drittes in Syrien an, wo man den Asphalt bergmännisch ausbeutet. Die Arbeiter werden einfach hinuntergewunden (s. folgendes Kapitel) und gewinnen das Material unter Aussparen von Bergvesten. Hier, wie auch vermuthlich im Kaukasus und bei Avlona (Albanien) ist der Asphalt der Kreideformation zuzurechnen; dasselbe gilt auch von der Mehrzahl der neueren Fundstellen an den Apenninen, besonders im östlichen Theile Mittelitaliens. Seit etwas älterer Zeit bekannt ist wieder das Vorkommen im südöstlichen Frankreich, wo seit 1833 bei Seyssel, zu Pyrimont (im

Ain-Departement) Anfangs etwa 7000, seit 1853 über 30,000 Centner jährlich gewonnen werden; hier, wie in dem ebenso berühmten Val de Travers des Canton Neuchatel, wird der Asphalt der Tertiärbildung zugeschrieben, aus welcher (nur aus vermuthlich jüngeren Schichten) auch der von Trinidad stammt, und ebenso der auf benachbartem deutschem Gebiete, bei Lobsann und Büchelbronn im Elsass, in reichem Maasse gewonnene Asphalt. Das älteste Vorkommen des Asphaltes scheint das von Dannemora in Schweden zu sein. Bei Seefeld steht er ohne Zweifel mit den den Keuperbildungen angehörigen Fischschiefern in Beziehung, gehört also der Trias an; wogegen der norddeutsche Asphalt (Limmer bei Hannover, Vorwohle am Hils, Bentheim) sicher dem Weald entstammt und den Kalk des oberen Jura imprägnirt. Die Verbreitung des Asphaltes ist überhaupt dann quellenartig, wenn er mit Erdöl gemengt, von demselben gelöst ist. Alsdann dringt er durch Spalten und durchlässige Schichten — zunächst nach unten, allein sobald das Gesetz der communicirenden Röhren in Betracht kommt, auch nach oben — und sammelt sich im Grunde der Mulden und seitlichen Buchten über undurchlässigen Schichten. Die hydrostatische Verbreitung hat manchmal veranlasst, dass man dem Asphalt fälschlich einen anderen als organischen Ursprung zuschrieb; die Entstehung ist stets auf Organismen, sehr oft auch auf thierische, zurückzuführen (vergl. oben). Die von Asphalt imprägnirten Schichten, meist kalkig, werden ebensowohl wie das reine Material gewonnen; dies ist insbesondere im Val de Travers, in Norddeutschland, in Seefeld der Fall. Wo er in sandigem Gesteine enthalten, wie in Seyssel, Lobsann, ist dieses Gestein nicht ohne Weiteres so brauchbar, wie der mit Asphalt imprägnirte Kalk, den man gradezu, mit reinem Asphalt und Erdöl gemengt, in gemahlenem Zustande verbrauchen kann. Dort wird vielmehr das Gestein meist in heisses Wasser gebracht, welches den Asphalt sofort in geschmolzenem Zustande an seine Oberfläche bringt. Diesen Asphalt sowohl, als den von Limmer u. s. w., bringt man in Kuchen- oder Ziegelsteinform in den Handel.

Allen diesen natürlichen Asphalten treten die künstlichen gegenüber, die man aus Steinkohlentheer oder auch Braunkohlentheer durch anhaltendes Erhitzen (Abdampfen der flüssigen Kohlenwasserstoffe) bereitet. Sie sind dem natürlichen Produkte sehr ähnlich, wenn sie auch einen etwas anderen Geruch haben. Sämmtliche Asphalte schmilzt man in grossen Kesseln und benutzt sie, wenn sie schon mit Kalkmehl gemischt in den Handel kommen, ohne Weiteres in feuerflüssigem Zustande als Asphaltmörtel. Sie erhärten allmählig und bilden, sofern sie nicht rissig sind, eine luft- und wasserdichte Schicht. Will man daher das Aufsteigen von Wasser durch die Poren des Mauerwerks hindern, so mauert man einfach einige Schichten

in Asphaltmörtel; dadurch wird ein wasserdichter Abschluss erzielt. Die zweite Art der Anwendung, zu Ueberdeckungen von Mauerwerk (von Gewölben), das man vor Nässe schützen will, ist. ähnlich; auch hier kann man den reinen Asphalt verwenden, zieht jedoch in der Regel vor, ihn mit fein gemahlener Kreide oder dergleichen anzurühren. Ganz allgemein geschieht dies bei der Anwendung zu Bedachungen, für welche man aber eine stark mit Asphalt imprägnirte und zugleich mit mineralischer Masse (Kalk) vermischte Pappe vorzieht, welche man in langen Streifen unter gehöriger Sicherung der Fugen auf die Dachfläche bringt. Solche Asphaltdächer, welche von Zeit zu Zeit eine Erneuerung der Asphaltmasse bedürfen, diese aber auch ohne alle Schwierigkeit durch Uebertheeren und Bestreuen mit etwas Sand (oder andrer gepulverter Masse) erhalten können, haben den Vortheil ausserordentlicher Leichtigkeit und lassen sich ohne Nachtheil fast horizontal legen, was bei den meisten Bedachungen nicht angeht. Dagegen vertragen die Asphaltdächer keine zu steile Neigung, indem bei dieser, sobald die Sonnenwärme den Asphalt halbflüssig macht, ein Hinuntergleiten der Masse stattfindet, und ein übermässig häufiges Erneuern erforderlich wird. Man giebt daher solchen Dächern ungern eine steilere Neigung als 1 : 5 und wählt mit Vorliebe noch flachere Winkel.

Wie alle andern Mörtelmaterialien dient auch der Asphalt zur Anfertigung von Steinsurrogaten. Unter diesen ist besonders das Asphaltpflaster von Wichtigkeit, welches man aus einem mit möglichst viel Sand und kleinen Steinen gemengten Asphaltgusse anfertigt. Dieser Guss wird über eine Lage des unten zu besprechenden Betons oder irgend eines Mörtels gebracht, geebnet und mit feinem Sande abgerieben. Das Pflaster ist haltbar, billig, leicht zu ersetzen; das Erweichen in der Sommerhitze ist von geringem Schaden. Dagegen ist es zum Gebrauche für Fuhrwerk zu wenig fest und namentlich viel zu glatt und aus diesem Grunde auch vorzugsweise nur für Trottoirs im Gebrauche.

Auch bei den übrigen Mörtelarten sind dünne Decken, Ueberzüge und dergl. ein Hauptgegenstand der Anwendung. Die Fussböden und Zimmerdecken aus Gyps gehören hierher, bei denen man denselben zum Theil frisch anrührt, so dass er nachher noch sein Volumen vermehrt (drängt). Die guten Eigenschaften des aus Gypsmörtel künstlich hergestellten Steinmaterials, namentlich auch seine Fähigkeit, Politur anzunehmen, hat die ausgedehnte Industrie der Stuccatur veranlasst, indem man Gegenstände der mannigfachsten Art und namentlich auch architectonische Ornamente aus dem künstlichen Gypsmarmor, Stucco, anfertigt.

Von den übrigen Mörtelarten dient der gemeine Kalk wohl nur zu Ueberzügen (Bewurf) im Innern und an der Aussenwand der Gebäude

und zu Anfertigung künstlicher Steine; allein bei letzterer und auch bei Anfertigung äusserer Ueberzüge wird er mehr und mehr von dem dem Wasser besser widerstehenden Cemente verdrängt, wenn man nicht Puzzolane oder Trass zuzusetzen hat. Desto ausgedehnter wird die Anwendung der hydraulischen Mörtel, besonders der Cemente, zu dem Verputzen der Gebäude — in einer dem Mörtel ähnlichen Mischung —, zu Anfertigung von Gegenständen zum architektonischen oder häuslichen Gebrauche aus einer meist sandärmeren Mischung (von Trögen und andern Wasserbehältern, Ornamentstücken, Platten jeder Art zum Pflastern, Dachdecken u. s. w.), zu künstlichen Steinen und Beton. Die künstlichen Steine, die man an vielen Orten in Deutschland, England (als Ransoms) und Frankreichs zu fabriciren angefangen, sind nichts als nachgeahmte Sandsteine, deren Bindemittel die Cementmasse ist. Ist dieselbe erhärtet, so ist der Stein (der nach englischen Versuchen auf den Quadratcentimeter reichlich 300 Kilo Druck- und etwa 30 Kilo Zugfestigkeit besitzt, auch eine ziemlich gute relative Festigkeit[1]) besitzt) fertig. Weit wichtiger noch ist der Beton (Concrete), eine in beliebig grossen Massen angefertigte Cementmörtelmasse, die man theils wegen der Billigkeit, theils um Rissigwerden zu hindern, mit kleinen Schlagsteinen versetzt und gut mengt, und aus dem man nun durch allmähliges Zusammenfügen der erhärtenden Masse Brückenfundamente, ganze Pfeiler, Umfassungsmauern, ja ganze Häuser bauen kann. Die Bedeutung der hierher schlagenden Industrie ist demnach zur Zeit schon eine grosse; doch bringt fast jedes Jahr Neues an künstlichen Bausteinen, Pflastersteinen, Steinplatten, Dachsteinen und dergl., so dass auf diesem Felde der Nutzen der Geologie für die Architektur noch im fortwährenden Steigen begriffen ist[2]).

---

1) Ein quadratisches Stück von 4 Zoll (engl.) Höhe und Breite und 3' 4" engl. Länge, wovon 1' 4" freilagen, trug in der Mitte 2120 Pfd. engl., ebenso geformter Portlandstein nur 760 Pfd.

2) Die Litteratur über diesen Gegenstand auch nur in leidlicher Vollständigkeit zu geben, ist kaum möglich. Will man sich auf das Nöthigste beschränken, so sind besonders für Ziegelei das „Lehrbuch der Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelfabrikation" von Ruehne, Braunschweig 1877, für die Cemente das Werk von Quandt und Händel: „die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portlandcement", Leipzig 1877, für die übrigen Gegenstände, besonders für die Pyrotechnik, die chemisch-technologischen Werke von Knapp (3 Bde., 1865 ff.), Wagner u. A., zu Rathe zu ziehen. Auch die ausländische Litteratur (Ure's Dictionary of Arts etc., Burnell's rudimentary treatise on livres etc., Barruel, chimie technologique etc.) ist ziemlich reich.

Zweites Kapitel.

Der Bergbau und die ihm verwandten Industriezweige.

Die eigentlichen Objekte des Bergbaues sind Erze, fossile Brennstoffe und Salz; wenn auch bergmännischer Betrieb für die Gewinnung mannigfacher anderer Gegenstände, welche das Mineralreich uns bietet, nothwendig oder doch nützlich ist — und es ist in den vorigen Kapiteln vielfach schon von derartigen Fällen die Rede gewesen —, so bleiben jene drei Hauptartikel doch immer diejenigen, um welche sich die Kunst des Bergmannes dreht[1]).

Die Erze sind die natürlich vorkommenden Mineralien, in welchen Schwermetalle oder nutzbare Schwermetallverbindungen enthalten sind. Aus den meisten derselben werden die in ihnen enthaltenen Schwermetalle durch besondere Prozesse hergestellt, welche zum grossen Theile eng mit dem bergmännischen Betriebe verknüpft sind, und wird die Aufbereitung und Verhüttung der Erze in den Bergwerksdistrikten zum grossen Theile im Zusammenhange mit der Förderung betrieben. Die Erze sind gediegen, geschwefelt, Sauerstoffverbindungen, Chloride oder Sauerstoffsalze. Neben den geschwefelten Erzen kommen Tellur-, Wismuth-, Arsen- und Antimonverbindungen der übrigen (electropositiven) Metalle als gleichwerthig, oft isomorph, vor; von ihnen dienen die Arsenverbindungen noch zur Gewinnung des Arsens und der arsenigen Säure, wie die geschwefelten in vielen Fällen zur Darstellung der Schwefelsäure, eines wichtigen Nebenprodukts bei der Verhüttung, dienen. Geologisch theilt sich das Vorkommen der Erze allgemein in das Vorkommen in Gängen und in das lagerhafte. Im Allgemeinen ist das Vorkommen in Gängen das wichtigere; für das Eisen gilt indessen das Umgekehrte, und wenn man die Vorkommnisse in Schwemmgebilden und losem Trümmergestein, die Seifenwerke, wie eigentlich es der Fall sein sollte, zu der letzteren Abtheilung rechnet, so muss vom Golde wenigstens noch in

---

1) Hinsichtlich eines tieferen Eingehens auf die hier zu berührenden Gegenstände kann besonders auf das ausführliche (2bändige) Handbuch von Serlo (3. Aufl. 1877) über den Bergbau hingewiesen werden, sowie auf Kerl's Salinenbau (1868) und auf Geinitz, Fleck und Hartig, die Steinkohlen Deutschlands etc., (München 1865, 2 Bde.). Für Laien, welchen kürzere Notizen genügen, verdient das minder vollständige Schriftchen von Gurlt, Bergbau und Hüttenkunde (Essen 1877) empfohlen zu werden. Ueber das Einzelne der Hüttenprozesse s. u.

praktischer Hinsicht ein überwiegend wichtiges Vorkommen der letzteren Art angenommen werden.

Die **Erzgänge** werden an solchen Stellen, wo sie ausbeissen, erschürft, d. h. mittels oberflächlicher Arbeiten entblösst. Ist die Bedeckung wenig mächtig, so bestehen diese Arbeiten im blossen Anlegen von Gräben, den Schürfgräben oder Schürfröschen; ist sie mächtiger, so legt man kleine Schächte, Schürfschächte, Probeschächte, an. Dieselben sind meist wenig tief, da das Grundwasser ein ausgiebiges Abteufen hindert; auch sollen sie in der Regel nicht lange stehen und werden daher meistens nur sehr leicht ausgezimmert, auch wohl durch Reifenschächte (Duckel) ersetzt, in welchen man zur Unterstützung der Wände ringförmig zusammengebogene frische Baumäste anbringt. Diese drücken durch ihre Elasticität gegen die Wandungen und verhindern den Einsturz meist in genügend sicherer Weise, so lange sie frisch und elastisch sind. Nicht selten kann man aber auch durch unterirdische Fortsetzungen von Gräben, durch die Such- oder Schürfstollen, oder auch lediglich durch letztere, noch bequemer an die Lagerstätten gelangen, und hat, wenn man nur dem Stollen eine ganz geringe, unmerkliche Steigung giebt, den Vortheil, dass das angetroffene Wasser von selbst abläuft. Sind aber die Stätten zu tief, als dass man ohne sehr grosse Kosten auf sie gelangen könnte, so muss man zum Bohren schreiten, dem wichtigsten unter allen Mitteln, die Vorkommnisse nutzbringender Mineralien zu ergründen. Man hat schon früher bis in beträchtliche Tiefen hinab Bohrlöcher gestossen, in neuer Zeit aber durch die Beaumont'schen Diamantbohrer die Resultate der früheren Methoden weit übertroffen. Diese Diamantbohrer sind hohle Cylinder aus Gussstahl, deren untere schmale Ringfläche mit kleinen Diamanten, die man ähnlich wie die Schmucksteine fasst, in der Art besetzt ist, dass beim Drehen ziemlich die ganze Breite des Ringes von Diamanten gefasst wird; die Diamanten folgen in etwas schräger Stellung gegen einander. Diese Cylinder liefern meist 10 bis 12 Centimeter im Durchmesser haltende Erdcylinder, an denen man die Schichtung und die übrigen Lagerungsverhältnisse ersehen kann; sie werden von Zeit zu Zeit abgekniffen und heraufgeholt, nachdem man die Stellung des heraufholenden Instrumentes vor dem Abkneifen genau ermittelt hat, so dass Streichen und Fallen sich aus den nach oben geförderten Theilen ersehen lässt. Das Bohrmehl oder der Bohrschmand — mit letzterem Namen belegt man dasselbe, wenn es durchfeuchtet ist — wird durch einen continuirlichen Wasserstrahl ausgespült und nach oben gebracht. Mit demselben werden auch die etwa aus der Fassung gedrückten oder gefallenen Diamanten zu Tage gefördert. Man hat mit diesen Bohrern mit Leichtigkeit über tausend Meter erbohrt und kann mit Sicherheit auf noch erheblich grössere Tiefen rechnen,

hat zugleich den wesentlichen Vortheil, weit besser über die durchbohrten Gesteinstheile unterrichtet zu sein, als früher.

Das tiefste Bohrloch, das man mit dem älteren Verfahren, dem Stossen, unter den grössten Schwierigkeiten erzielt hat, ist das von Sperenberg, 3 Meilen südlich von Berlin, mit etwa 1300 Meter Tiefe. Die meisten Bohrlöcher blieben erheblich unter 1000 Metern. Die Theorie ist einfach die, dass man ein eisernes Gestänge, unten mit einer meisselartigen Schneide versehen, unter stetem Drehen möglichst oft auf das zu durchbohrende Gestein fallen lässt. Die Schneide ist, wenn die Festigkeit des Gesteins nicht einen einfachen Meisselbohrer fordert, an den Seiten mit Ohren versehen, welche dem Umfange des Bohrloches gemäss gekrümmt sind und eine runde Gestalt desselben sichern; sonst muss man ein ringförmiges Instrument mit scharfer Schneide nachträglich anwenden (das Loch „ausbüchsen"). Der Bohrer, der bei zu grosser Länge viel zu schwer werden, beim Fallen daher leicht einen Bruch oder ein Einklemmen des Gestänges veranlassen würde, wird für tiefere Löcher in einen frei fallenden Theil und in ein Obergestänge zerlegt, welches den unteren Theil mittels eines Abfallstückes loslassen und wieder mit Greifern und Klauen fassen kann und, da es nur zur Verbindung des frei fallenden Theils mit dem oberen Ende, dem Bohrschwengel, dient, erheblich schwächer sein kann, als das stets ganz eiserne untere oder sogenannte grosse Bohrgestänge. Sorgfalt ist auf das Drehen zu verwenden, welches mittels eines einfachen Stabes, des Bohrkrückels, bewirkt zu werden pflegt. Das Bohrmehl oder der Schmand wird von Zeit zu Zeit durch einen Löffel, einen hohlen, unten mit Ventil versehenen Cylinder, heraufgeholt (ausgelöffelt). Die Bewegung wurde früher nur durch Menschenkraft, jetzt wird sie oft durch Dampfmaschinen bewirkt. Bei langem Gestänge sichert man dessen vertikale Lage durch einen Bohrthurm; die Sicherung der vertikalen Richtung erfolgt ausserdem durch eine eiserne, durch den losen Oberboden gestossene Röhre, den Bohrtäucher, der zugleich die Wände vor dem Zusammenfallen schützt. Ist auch das übrige Gestein nicht so fest, dass die Wände stehen, so wird das Loch verrohrt, d. h. es wird mit dem Fortschreiten der Bohrung eine eiserne Röhrentour in dasselbe eingesenkt. Die Reibung setzt dem Eindringen derselben zuletzt unübersteigliche Hindernisse entgegen, und dann muss man in der ersten Röhre eine zweite, engere, niederlassen, und so fort. Nicht nur die Möglichkeit eines solchen Falles, sondern auch die bedeutendere Grösse des Gestänges und der übrigen Vorrichtungen macht für grosse Tiefen oder „Teufen", wie der Bergmann sagt, immer einen grösseren Umfang des Bohrloches nöthig. Der obere Durchmesser wird für tiefe Bohrlöcher meist zu 26 bis 32 Centimeter, für kleinere dagegen nur zu 9 bis 11 Centi-

meter angenommen. In weichem Gesteine wendet man wohl die einem Korkzieher ähnlich geformten Schlangenbohrer oder, bei ganz wenig widerstandsfähigem Boden, Löffelbohrer an, welche beiden Arten gleich den Diamantbohrern, nur weit langsamer, als diese, zu drehen sind.

Die wirkliche Aufschliessung der Lagerstätten zum Zwecke der Gewinnung und Förderung der Erze erfolgt wiederum in erster Instanz durch Schächte, die normaler Weise, als Richtschächte, vertikal (saiger) eingetrieben oder abgeteuft werden und für den vorliegenden Fall definitiv zu sichern, also gut auszuzimmern, auszumauern oder mit Eisen auszubauen sind. Die Abteufung selbst geschieht auf dieselbe Weise, wie überhaupt die Gewinnung der Gesteinsmassen, durch Handarbeit (Lettenhaue, d. h. Breithacke, Keilhaue oder Spitzhacken), öfter aber durch Sprengarbeit. Die Schächte werden mit Vorliebe im Querschnitte oder in der „Schachtscheibe“ rechteckig angelegt, und besteht dann ihre Auszimmerung aus an einander gefügten, festgekeilten Balken. Unter diesen heissen die von Zeit zu Zeit in seitlich eingestossene Vertiefungen der Seitenwände oder „Stösse“ (in die Bühnlöcher) eingelassenen Querhölzer, welche die darüberliegende Zimmerung tragen, die Tragestempel; die Längs- und Querbalken, oder die Jöche und Kappen, welche von ihnen zunächst getragen werden, bilden die Geviere; in den Ecken derselben stehen die Bolzen und diese tragen dann wieder ein Geviere, dies wieder Bolzen u. s. f. bis zu den nächsten Tragestempeln, welche mit den unterstehenden Bolzen verbunden werden. Je stärker der Seitendruck, desto zahlreicher und näher an einander muss man die Geviere legen, in extremen Fällen dicht auf einander, was die sogenannte ganze Schrotzimmerung giebt (während die obige „Bolzenschrot“ genannt wird). Allein bei länglicher Schachtscheibe genügt dies nicht; man hat dann die Jöche durch Querhölzer (die also den Kappen parallel sind) abzusteifen, und diese heissen die Einstriche. Solche Einstriche haben aber noch den Zweck, Abtheilungen eines Schachtes, welche verschiedenen Zwecken dienen, von einander zu trennen; die zu diesem Behufe an den Einstrichen befestigten senkrechten Bretterwände heissen die Schachtscheider. In Hinsicht auf die durch sie angestrebten Zwecke unterscheidet man nämlich hauptsächlich Fahrschächte, durch welche das Ein- und Ausfahren der Mannschaft vor sich geht, Förderschächte, in welchen die gewonnenen Massen aufwärts, die leeren Geräthe abwärts gehen, und Kunstschächte, in welchen das Aufpumpen der Wässer aus dem an der Sohle des Schachtes befindlichen Sumpfen in einer abwechselnden Doppelreihe von Pumpen stattfindet. Die Tiefbauschächte, deren einen Figur 61 im senkrechten Aufrisse, 62 im Grundrisse darstellt, vereinigen diese 3 Arten von Schächten und redet man dann gewöhnlich vom Fahr-

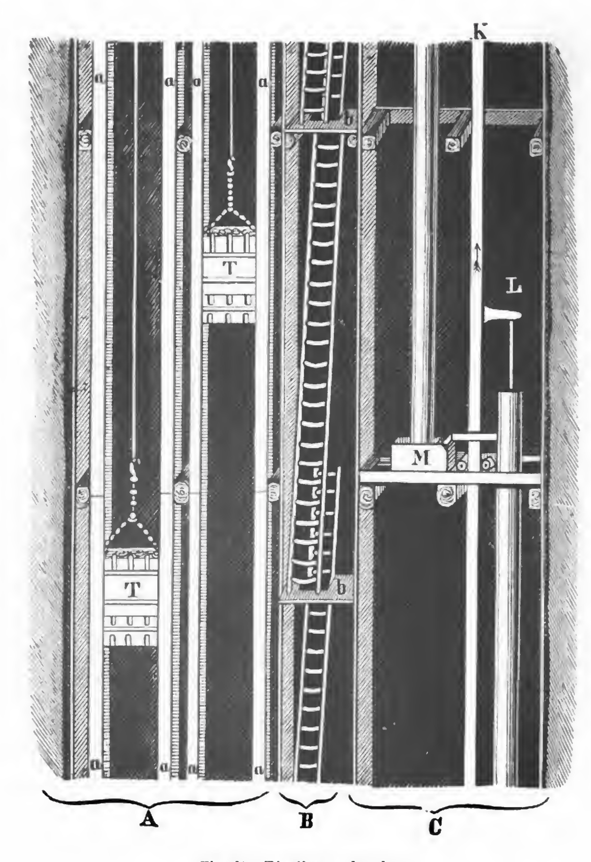


Fig. 61. Tiefbauschacht.

A Fördertrumm *B* Fahrtrumm. *C* Kunsttrumm. *aa* Leitungen für *A*. *T* leer hinab und gefüllt hinauf gehende Tonnen. *bb* Absätze für die einzelnen Fahrten. *K* Auf- und abgehendes Gestänge des Kunsttrumms. *M* Trog zur Aufnahme des durch den unteren Hubsatz, *L*, gehobenen Wassers.

trumm, Fördertrumm und Kunsttrumm, auch von dem unten zu besprechenden Wettertrumm des Tiefbauschachtes, *B*, *A* und *C* der

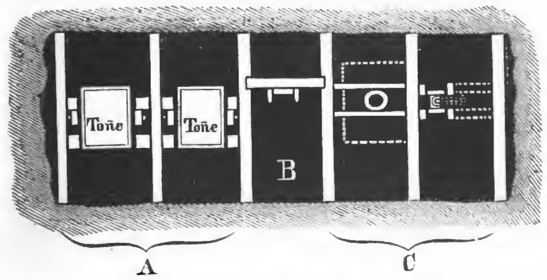


Fig. 62. Grundriss desselben Tiefbauschachtes.

beiden Figuren. Was die Wasserhebungsmaschinen oder „Künste" anlangt, so ist zu bemerken, dass man auch dann, wenn man Druckpumpen anwendet, den Hub theilt, etwa in Sätze von 25 Meter (12 Lachter) Höhe; lässt man es bei Saugwerken bewenden, so hat man die niedrigen oder fünflachterigen Kunstsätze oder Hubsätze. Die Kunsträder, Radstuben, sowie die jetzt meist üblichen Dampfmotoren können wir hier übergehen; ebenso die maschinellen Vorrichtungen zum Fördern der gewonnenen Erze. Das Fahren geschieht in den Schächten einfach auf den „Fahrten" (Leitern), welche als Aushülfsmittel auch stets neben den andern Vorrichtungen vorhanden sind, auch auf einer Doppelfahrt, oder, wie in Figur 63, auf einer an einem einfachen,[1] starken Taue hinabgewundenen rohen Sitzvorrichtung, dem Knebel, einem glatt und rundlich bearbeiteten Querholze, oder aber mit Hülfe der Kunst, die den Fahrenden jedesmal um eine (oder je nach der Art der angebrachten Trittbretter auch um eine

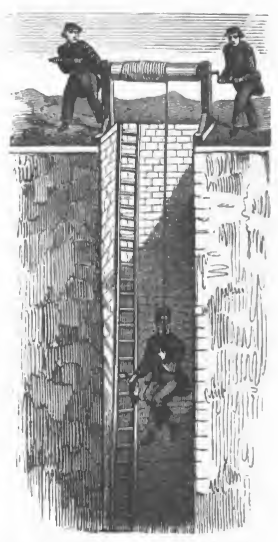


Fig. 63. Einfahren auf dem Knebel.



doppelte) Hubhöhe auf- oder abwärts befördert (sogenannte Fahrkunst), oder mit Hülfe einer Seilvorrichtung im Fahrkorbe. Dies war früher in den preussischen Bergwerken verboten, jetzt indessen leistet diese Methode unter Wahrung der nöthigen Vorsichtsmaassregeln die wesentlichsten Dienste. Sie befördert gleichzeitig meist bis zu 6 Mann mit einer Geschwindigkeit, die ohne Gefahr bis zu 5 Metern in der Sekunde gesteigert werden kann; die Construction des Korbes ist verschieden, meist ist er durch starke Eisenstäbe gesichert und durch ein starkes eisernes Schutzdach gegen das Herabfallen von Massen geschützt. Elastische Prellbühnen vermindern in vielen Gruben den Stoss beim Aufsetzen. Ausser den zu diesen drei Zwecken dienenden Schächten hat man noch die schon genannten Wetterschächte, zum Ventiliren oder „Wetterführen“ dienend, und Lichtschächte; die letztere Art pflegt indess mit den andern nicht vereint zu werden. Die „Grubenwetter“, d. h. die Luft im Bergwerke, werden leicht matt und schlecht; leicht entwickeln sich, durch das Schiessen, durch das Gestein und durch das Athmen, grosse Mengen von Kohlensäure (kalte Schwaden, bis 5%); noch schlimmer sind die Grubengase, schlagenden Wetter (feurigen Schwaden), und sehr häufig genügt der natürliche Wetterzug nicht, so dass ein künstlicher durch Wetteröfen und Wettermühlen mit Hülfe der Wetterschächte anzulegen ist.

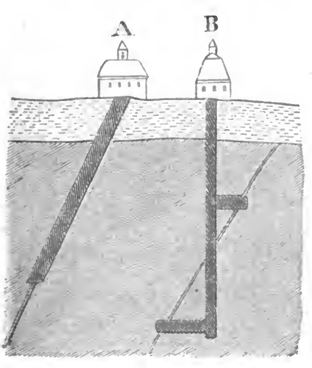


Fig. 64. *A* Schräger oder tonnlägiger Schacht, *B* Saigerer oder Richtschacht.

Diejenigen Schächte, welche nicht saiger, sondern dem Einfallen der Gänge entlang mit einer gewissen, meist nur geringen Neigung gegen die Vertikale angelegt werden, nennt man gewöhnlich tonnlägige Schächte; bei ihnen kann auch noch ein Fahren mittels Treppenstufen, die ins Gestein gehauen oder auch aus Holz dargestellt sind, stattfinden, während die Rutschbahnen nur bei einer Neigung unter 50° (zwischen 30° und 50°) anwendbar und im Ganzen wenig in Gebrauch sind. Einen tonnlägigen Schacht (Ruschel) neben einem Richtschachte stellt Fig. 64 dar.

Wenn ein Schacht definitiv mittels der Mauerung zu sichern ist, so kann es zur Vermehrung der Festigkeit gegen den Seitendruck wünschenswerth werden, ihn rund oder doch mit 4 kreisbogenförmigen

Seiten, die winklig an einander stossen, aufzuführen. Zu den rundgemauerten Schächten nimmt man bei kleinerem Durchmesser Steine in der Form von Sectoren eines Ringes (sogenannte Brunnensteine). Das Mauerwerk wird entweder unten auf Bögen fundirt oder absatzweise jedesmal auf Tragestempeln oder bei runder Schachtscheibe auf einer entsprechenden Stützung, oft von Eisen, bis unter das vorher fertig gestellte Mauerwerk aufgeführt. Es besteht gewöhnlich aus guten Backsteinen, die man, falls es wasserdicht sein soll, in mehrfacher Lage sorgfältig mit Cementmörtel vermauert. Gewöhnlich mauert man dabei an bestimmten Stellen Abflussrohre ein, die man nach Belieben schliessen und zeitweilig öffnen kann, um ein Ansammeln des Wassers hinter dem Mauerwerk zu verhüten. Auch der eiserne Einbau wird oft rund gehalten; namentlich ist eine Manier, die Cuvelage, zu erwähnen; sie besteht aus gusseisern, aus einzelnen Segmenten zusammengeschraubten Kränzen, die man durch zwischengelegtes weiches, auseinander gekeiltes Holz wasserdicht macht. Doch sind auch andere Eisenbau-Systeme, ähnlich der Zimmerung, hie und da in Gebrauch gekommen, wie anderseits eine Cuvelage in Holz, aus polygonalen Kränzen, oder auch fassähnlich.

In der Regel münden die Schächte an der Oberfläche der Erde; ihre Mündung, die Hängebank, wird, wenn nicht durch grössere Bauten, doch meist durch eine Art von Schuppen (Kauer) gesichert. Ein Schacht, der sein oberes Ende in einem unterirdischen Raume hat, heisst dagegen blind; er ist dann gewöhnlich klein, heisst auch Gesenke, oder, wenn er zum Hinabstürzen der gewonnenen Mineralien in einen tieferen Raum dienen soll, Rollschacht.

Die zweite Art der Communicationen der Gewinnungsstellen mit der Erdoberfläche sind die Stollen, welche mit den Schächten zusammen die Ausrichtungsbaue ausmachen, d. h. die zur Communication der direkt die Gewinnung einleitenden Vorrichtungsbaue mit der Aussenwelt nöthigen Wege. Die bei normaler Anlage söhligen Stollen ergänzen wesentlich die saigeren Schächte; dies zeigt schon *B* der Figur 64, bei dem ein tonnlägiger Gang durch einen saigeren Schacht erschlossen ist; ober- und unterhalb des Durchkreuzungspunktes werden hierdurch Stollen nothwendig, welche nach entgegengesetzten Richtungen gehen. Die ganzen Grubenbauten (Bergwerke, Zechen) bestehen wesentlich aus Stollen und Schächten; an beide schliessen sich neben den vertikalen Rollschächten die Strecken an, welche die Verbindung der Gewinnungspuncte oder Orte mit denselben in horizontaler Richtung vermitteln. Diese Strecken heissen Querschläge, wenn sie rechtwinklig auf die Streichungsrichtung horizontal durchgetrieben werden; haben sie dann das Flötz oder den Gang erreicht, den man abbauen will, oder ist dies Object schon durch Schacht und Stollen berührt, so verfolgt man es entweder durch streichende Strecken (bei

Gängen auch Gezeugstrecken genannt) horizontal (in der Richtung des Streichens), oder man schlägt ausserdem in der Fallrichtung, also rechtwinklig auf die streichenden Strecken, schwebende Strecken, wenn der Gang (was seltner der Fall) oder das Flötz (was dagegen häufig der Fall) mässig stark einfällt. Rechtwinklig auf solche schwebende Strecken schlägt man nach einiger Zeit wieder streichende Strecken (Pfeilerstrecken), baut so das ganze Flötz ab und benutzt dabei die schwebenden Strecken zur Beförderung der gewonnenen Massen auf der schiefen Ebene (dem Bremsberge, Bremsschachte).

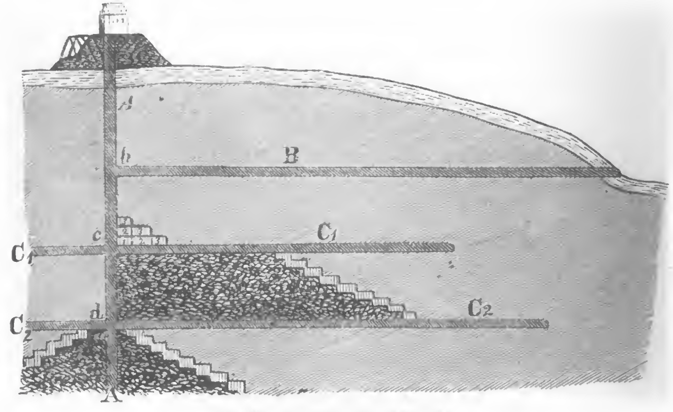


Fig. 65. Schacht mit Stollen.
A Schacht. *B* Stollen mit Mundloch, in *b* auf den Schacht stossend. C_1, C_2 Stollen in grösserer Teufe, in *c* und *d* auf Schacht *A* mündend.

Die tiefste der streichenden Strecken ist die Grundstrecke, oder auch eine noch unterhalb der Grundstrecke befindliche besondere Sumpfstrecke. Man kann übrigens diese Anlagen in auf- oder absteigender Richtung machen; ersteres heisst das Ueberhauen, letzteres das Abhauen, und gilt dasselbe von den in einer mittleren Richtung, wie es gelegentlich bei flachem Einfallen geschieht, aufgefahrenen Diagonalstrecken. Die Entwässerung richtet sich selbstredend nach diesen Verhältnissen und ist schon oben darauf hingewiesen, dass sehr oft die Stollen die Wässer nach aussen befördern. Dies ist durch die langen Stollen, welche namentlich der Harz und das Erzgebirge aufzuweisen haben, in besonders grossartiger Weise geschehen; solche Stollen, wie *B* der Figur 65, ersparen die Kosten für das Empor-

heben des Wassers von *b* bis zur Erdoberfläche, und in Bergwerksdistrikten, wo ein solcher Stollen die Wässer aus vielen Schächten aufnehmen kann, kann diese Kostenersparniss so gross werden, dass durch sie selbst eine sehr kostspielige Stollenanlage (wie die des Ernst-August-Stollens am Harze und eine ähnliche Anlage von Freiberg aus nach einem Seitenthal der Elbe) aufgewogen wird. Eine in sehr kleinem Maassstabe und mit Angabe der Längen ausgeführte Skizze der Andreasberger Gruben im Harze, Fig. 66, wird eine ungefähre Idee von dem Systeme grösserer Communicationswege, Stollen und

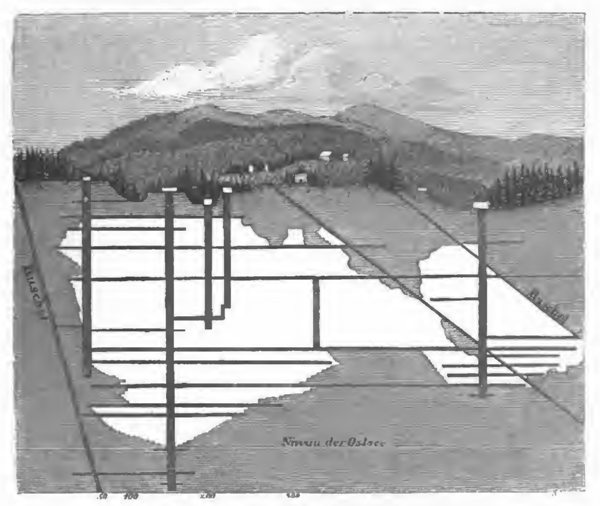


Fig. 66. Durchschnitt der Andreasberger Gruben.

Schächte geben, wie es in den Bergwerksdistrikten vorkommt. Die Darstellung dieser durch die „Markscheidung“ geometrisch aufgenommenen Verhältnisse geschieht durch die Grubenkarten und Grubenrisse, auch durch Grubenbilder in den verschiedenen Projektionen. Die Bauart aller unterirdischen horizontalen oder annähernd horizontalen Räume und Wege ist im zweiten Kapitel des vorigen Abschnittes ausführlich erörtert; auch ist daselbst schon Rücksicht auf mehrere der Ausbausysteme, insbesondere auf die Aussparung der Bergvesten und auf den Versatz, Rücksicht genommen. Was den letzteren an-



langt, so hat man besonders die beiden älteren Methoden zu unterscheiden, den Strossenbau, bei welchem schräg (stufenweise) von oben nach unten gearbeitet wird, und den (in Figur 65 angedeuteten) Firstenbau, wo das Umgekehrte der Fall ist. Der Versatz wird beim Strossenbau, dem ältesten Abbauverfahren, nach oben in „Kasten“ gebracht oder verbaut, und der Bergmann hat das zu bearbeitende, „unverritzte“ Gestein unter sich; bei dem viel jüngern Firstenbau dagegen steht der Bergmann auf dem Versatz und hat das unverritzte Gestein über sich. Allein auch hier wird in der Regel ein Kasten geschlagen, d. h. aus vertikalen Stempeln nnd Langhölzern gezimmert, seltener ein Firstengewölbe geschlagen, auf dem man den Versatz aufführt, oder auch eine Reihe von Bergvesten statt der Gewölbe stehen gelassen. Der Strebbau ist eigentlich ein sehr flacher Firstbau mit sehr breiten Streben (Firstenstössen); zu ihm gehört die beim Baue auf flache Schichten von 4—6 Hauern gleichzeitig in liegender Stellung ausgeführte Krummhälserarbeit. Ist dagegen der Gang zu breit, als dass der Kasten noch in gewöhnlichen Dimensionen ausführbar wäre, so treibt man quer durch den Gang, vom Liegenden zum Hangenden, sogenannte Sohlen, zunächst eine neben der anderen, dann über der erste Reihe eine andere; zugleich legt man in einem anderen Niveau eine andere Sohle an, von welcher man in derselben Weise durch Querbau in den Gang einbaut; zwischen beiden Sohlen ist Anfangs unverritztes Gestein, an dessen Stelle allmählig Versatz tritt. Aehnlich ist der Weitungsbau (Kammerbau), bei welchem man nur grössere Massen im Zusammenhange wegnimmt; er ist in festem Gang- und Nebengestein zulässig.

Die durch Hauen oder Sprengen gewonnenen Erze werden meist in kleinen Wagen (Hunden) auf Schienenwegen, aber auch in Karren und Schleppträgen in den Stollen und Bremsschächten, in Körben, Tonnen oder dergleichen in den Schächten gefördert und zwar durch die mannigfachsten Arten der Motoren von Menschenarbeit bis zu den verschiedensten Arten von Mühlwerken und Dampfmaschinen. Danach werden sie aufbereitet, d. h. auf mechanischem Wege möglichst von fremdartigen Bestandtheilen (tauben Gesteinen, Bergen) gesondert. Dies geschieht, um die Transportkosten zu sparen, in der Nähe des Gewinnungsortes über Tage, oder bei den Schmelzhütten, wenn, wie es häufig der Fall, dort die Arbeitskräfte ungleich billiger zu haben sind. Die derb oder grob oder fein eingesprengt vorkommenden Erze werden im Allgemeinen um so leichter aufbereitet, in je grösseren Stücken sie auftreten, zugleich aber auch, je grösser der Unterschied ihres Gewichtes und des der abzutrennenden Gangart ist. Die in Betracht kommenden Prozesse sind: 1. die Handscheidung. Sie beginnt schon in der Grube, indem der Bergmann die grossen erzhaltigen Stücke oder Wände von dem erzhaltigen Grubenklein und

von den Bergen absondert. Die Wände werden dann mit Fäusteln (schweren Hämmern, wie sie auch beim Bohren benutzt werden) ausgeschlagen und die Stücke und das Grubenklein in Derberz, Mittelerz und Bergerz roh sortirt; ersteres kann meist sofort verhüttet werden, die beiden anderen Arten werden nochmals (von Scheidejungen, auf Scheidebänken in der Scheidestube) mittels leichterer Hämmer zerkleinert und in die Scheidetröge gebracht. Die Massen mit reicheren und edleren Erzen werden dabei in das reiche, sofort an die Hütten abzugebende Erz, in das nur wenig zu zerkleinernde Scheideerz, in das völlig zu zerkleinernde und zu waschende Pocherz, in das Scheidemehl, welches im Allgemeinen ähnlich dem Scheideerz behandelt wird, und in die über die Halden zu stürzenden Berge gesondert; minder werthvolle Erze werden gröber geschieden. Brechen verschiedenartige Erze ein, z. B. Bleiglanz mit Zinkblende und Kupferkies, so ist es wichtig, schon auf der Scheidebank möglichst richtig zu sortiren. Das Grubenklein, Mehl und überhaupt manche Erze (z. B. Galmei) sind meist mit Letten verunreinigt und werden mit Wasser, jetzt oft in Trommeln, abgeläutert. 2. folgt das vollständige Zerkleinern, trocken oder nass, mittels der Steinbrecher, Schleudermühlen, Walz- und Pochwerke; darauf werden 3. die Gemische von Erz und Gangart nach Korngrösse abgetheilt oder „klassirt“, was beim Nasspochen in Gerinnen (in der „Mehlführung“), in allen Fällen durch Siebe (meist Trommelsiebe) geschehen kann. Endlich werden 4. die klassirten Partikelchen separirt, d. h. durch freien Fall im Wasser oder durch den Fall auf einer schiefen Ebene in einem Wasserstrome nach ihrem specifischen Gewichte von einander getrennt. Die erste Procedur, das Setzen, wird als Handsiebsetzen (mit runden Fässern von 1 Meter Höhe und Weite, zu drei Vierteln mit Wasser gefüllt, in welche der Arbeiter ein rundes Handsieb mit den Erz- und Gangarttheilchen rasch eintaucht und wieder hebt, so dass die leichtern, langsamer fallenden Theile, die Berge, obenauf zu liegen kommen) oder als Maschinensetzen betrieben; die letztere, ein Schlemmen auf geneigter Fläche, auf welcher die leichteren Theile weiter abwärts fallen, die leichtesten vom Wasserstrome ganz mitgenommen werden, heisst Wascharbeit und wird auf verschiedenen Arten geneigter Flächen (Herde) vorgenommen, die insbesondere um so flacher (bis hinab zu $2^1/_2{}^0$ Neigung) gestellt sein müssen, je feiner das Mehl ist. Grobes (rösches) Mehl erfordert bis zu 8^0 Neigung, feines $3^1/_2{}^0$, feiner Schlamm oder Schmand obigen Winkel. Von den gewöhnlichen Vollherden werden noch die Leerherde unterschieden, auf denen sich nur dünne Lagen bilden, grossentheils in Folge der stärkeren Neigung der längeren (10 Meter statt 4 langen) Herde von $5-6^0$ Neigung für feinen, $10-12^0$ für röschen Schlamm; der dünne Belag wird durch Läuterwasser abgespült und gesammelt, die Berge fliessen ab. Ausserdem giebt es für manche

Erze besondere Herde, z. B. für die Goldwäsche. In manchen Werken, wie in Siebenbürgen (Veröspatak), wendet man insbesondere noch die Quickmühlen, flache, mit Quecksilber gefüllte Schalen, zum Entgolden der Erze an.

Auf das nun folgende Verhütten kann dem Zwecke vorliegender Schrift gemäss nicht speziell eingegangen werden; die einschlägigen metallurgischen Prozesse und Vorrichtungen (Oefen, Gebläse) sind für die einzelnen Metalle verschieden und für die wichtigeren derselben, namentlich für das (unten in der Kürze etwas spezieller zu besprechenden) Eisen, aber auch für das Kupfer u. s. w., Gegenstand besonderen Studiums geworden, hinsichtlich dessen auf die metallurgischen Werke von Scheerer [1]), Weniger [2]), Stölzel [3]), Percy-Wedding [4]), für das Eisen insbesondere ebenfalls auf letztere [5]), Hartmann [6]), Kerl [7]) u. A. zu verweisen ist. Die wichtigsten Erze, welche für die Gewinnung der Metalle (in einzelnen Fällen der zu nutzenden Metallverbindungen) in Betracht kommen, sind zunächst für Gold das gediegene Gold, welches fast immer mit Silber vermischt ist und an ursprünglicher Lagerstätte (also in Gängen) an Quarz, Schwefelkies, Kupferkies, Arsenkies, auch Fahlerz gebunden zu sein pflegt. Das Gold ist augenblicklich das Haupttauschobjekt des Handels, allein da sein Vorkommen auf secundärer Lagerstätte das überwiegend häufigere ist, so wäre es nicht unmöglich, dass in fernerer Zukunft die Ansicht von Suess, nach welcher das Gold doch wieder seine Herrschaft mit dem — nachhaltiger und vorwiegend an primärer Stätte auszubeutenden — Silber zu theilen haben könnte. Augenblicklich liefert Amerika jährlich für 300 Mill. Mark, Europa für 8 bis 9 Mill., Asien für 60 bis 65 Mill., Australien und Neuseeland für etwa 200 Mill., zusammen in Gewicht fast 4000 Centner. Die Verarbeitung geschieht in sehr verschiedener Weise. Abgesehen von dem alten, hie und da noch exercirten Verfahren mit Quecksilber wird das Gold durch verschiedene Methoden „geschieden“; die wichtigste ist jetzt wohl die Affinirung mit Schwefelsäure, bei welcher die „Goldgranalien“ 12 Stunden lang mit Schwefelsäure von 1,848 spezifischem Gewicht gekocht werden. Nur das Gold bleibt dann ungelöst zurück. Unter den älteren Methoden ist die Quartscheidung zunächst hervorzuheben, bei der man eine behuf besserer

1) Metallurgie, 2 Bde, Braunschweig 1846—1853.
2) Der praktische Schmelzmeister, Karlsruhe 1860 (2. Aufl.).
3) Metallurgie, Braunschweig 1865.
4) Die Metallurgie, Braunschweig 1863—1876.
5) Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde, Braunschweig 1864—1876.
6) Handbuch der Eisenhüttengewerbskunde, Leipzig 1860; Vademecum derselben, Hamm 1863 (3. Aufl.).
7) Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl. 1864; Grundriss derselben, Leipzig 1875.

Löslichkeit bis auf nicht mehr als 25 Procent Goldgehalt gebrachte Legirung (von Silber und Gold) mit Salpetersäure erhitzt. Die Scheidung durch Giessen, welche auf Legirungen von wenigstens 60 Procent Goldgehalt angewandt wird, besteht im Schmelzen derselben in einem Graphittiegel und Ueberstreuen mit Spiessglanz (Schwefelantimon); durch dieses scheidet sich auf dem Boden Antimongold aus, während die übrigen Metalle als Schwefelmetalle mit dem unzersetzten Spiessglanz zusammen oben liegen. Das Antimongold wird im Treibofen behandelt, das Antimon abgetrieben (cupellirt, siehe unten). Die Cementation, von Albertus Magnus erfunden, neuerdings vervollkommnet, besteht darin, dass man die geschmolzene Legirung mit Chlorgas behandelt; dies löst in der Schmelzhitze Gold nicht auf, aber alle anderen Metalle. Die Extraktion mittels des Plattner'schen Verfahren beruht im Gegentheil darauf, dass Chlorwasser bei gewöhnlicher Temperatur sich mit Gold leicht verbindet; diese Lösung stellt man namentlich aus goldarmen Gemengseln her, und fällt dann das Gold aus ihr mittels Schwefelwasserstoff, röstet es und cupellirt es danach. Das Cupelliren besteht im Erhitzen einer goldhaltigen Legirung (der, wenn Kupfer zugegen, stets Blei zugeschmolzen werden muss) in einer Schale aus gebrannten Knochen unter lebhaftem Luftzutritt; hierdurch bilden sich Oxyde, die in die Poren der Knochenasche eindringen, während Gold und Silber gediegen zurückbleiben. — Das Silber wird zwar in erheblich grösserer Menge als Gold gewonnen, steht demselben aber an Werth nach; die jährlich auf mehr als 30000 Centner geschätzte Produktion repräsentirt noch nicht 300 Mill. Mark an Werth, etwa $^1/_2$ des Werthes der jährlichen Goldproduktion. Obenan steht hier wieder Amerika, welches fast das Sechsfache des europäischen Silbers producirt. Letzteres beträgt ca. 6000 Centner für 50 Mill. Mark, und die Hälfte dieser Summe kommt auf die deutschen Bergwerke.[1]) Das Silber wird gleich dem Golde durch Cupellation (Triebarbeit) vom Blei getrennt; die Trennung vom Kupfer wird durch die Saigerung, d. h. durch das Ausziehen des Silbers aus Kupfermischungen mit Blei, bewirkt. Dies Verfahren ist jedoch durch das Ausziehen mit Hülfe von Quecksilber verdrängt; statt des letzteren sind später wieder Verfahren eingeführt, bei denen der silberhaltige Kupferstein mit Kochsalz geröstet, das so gebildete Chlorsilber aber in heisser Kochsalzlauge gelöst wird, oder bei denen durch das Rösten Silbervitriol erzielt und aus dessen Lösung das Silber durch Kupfer (als Cementsilber) niedergeschlagen wird. Das Verfahren Pattinson's, silberarmes Blei dadurch anzureichern, dass aus der sich abkühlenden Lösung die silberarmen Bleikrystalle ausgeschöpft werden, hat zum Zwecke,

1) Die Zunahme von 4000 auf 6000 Centner, welche für die letzteren Jahre angegeben wird, ist besonders durch die Mehrproduktion Deutschlands, 3000 statt früher nicht viel über 1000 Centner, bedingt.

auch ganz geringe Quanta Silber, die beim Treiben an und für sich die Kosten nicht lohnen würden, zu verwerthen. Man hat durch öfteres Wiederholen dieses Verfahrens es dahin gebracht, das Blei in eine flüssig zurückbleibende Masse von etwa einem ganzen Procente Silber und in ein Armblei von durchschnittlich nur $^1/_{500}$ Procente Silbergehalt zu sondern. Auch setzt man wohl dem angereicherten Blei noch einen Zusatz von 5 Procent geschmolzenen Zink hinzu, das nach dem Umrühren allmählig an die Oberfläche steigt und unter Aufnahme des ganzen Silbergehaltes erstarrt. Diese Methoden sind um so wichtiger, als das wichtigste Silbererz der silberhaltige Bleiglanz ist; doch sind auch Kupferkies, Buntkupfererz und Kupferglanz (daher auch der Mansfelder Kupferschiefer) nicht selten silberhaltig. Die eigentlichen Silbererze sind gediegen Silber, Silberhornerz, Silberglaserz (Schwefelsilber, mit 86 Procent Gehalt), die Rothgültigerze, der Miargyrit, nur etwa 36 Procent Silber haltend, der Diskrasit oder das Antimonsilber, das Sprödglaserz (Melanglanz oder Stephanit), der Polybasit (Eugenglanz) und die meisten Fahlerze mit einem bis zu etwa 30 Procent ansteigenden Silbergehalte. — Das (im deutschen Reiche zu Moschellandsberg in Rheinbayern, in Oesterreich in dem namhaften Bergwerke zu Idria gewonnene, im grössten Maassstabe aber in Spanien zu Almaden, ferner in Mexico, in Californien u. s. w. erzeugte) Quecksilber wird fast ausschliesslich aus dem Zinnober gewonnen; man bringt denselben entweder für sich in besonderen Oefen zur Glühhitze, oxydirt dabei den Schwefel zu schwefliger Säure und bekommt das gediegene, flüchtige, aber sich bald condensirende Metall rein ausgeschieden; oder man erhitzt das Schwefelmetall mit Kalk oder unter eisernen Glocken. — Das Zinn, für welches England, Cornwall, ausschliesslich den Markt beherrscht (von den 174000 in Europa jährlich erzeugten Centnern Zinn entfallen auf England 169000, der Rest fast ganz auf Sachsen, das nahezu 3500 Centner, mit Böhmen über 4000 erzeugt; sehr wenig kommt auf Schweden, und nur die ostindischen Inseln, Banka mit 80000 Centnern, auch Malacca, kommen ausserdem in Betracht) wird ausschliesslich aus Zinnerz (Zinnoxyd, 87 Procent Metall haltend) gewonnen; der Zinnkies hat technisch keine Bedeutung. Die Reduktion erfolgt in grosser Hitze (in Flamm- oder Schachtöfen) durch Kohlezusatz. Bei den sächsischen Zinnerzen (Altenberg) ist ein Rösten zum Oxydiren der mit dem Erz gemengten Kiese vorher nöthig; die Kohle ist Holzkohle (Deutschland) oder Steinkohlenklein (England); die Schlacke wird in Sachsen einfach von derselben Arbeit genommen, in England wird Kalk- und Flussspath zugesetzt. — Das wichtigste Bleierz ist der Bleiglanz, Schwefelblei, mit 86 Procent Blei; nächstdem das Weissbeierz oder Bleicarbonat (77 Procent Metall). Seltener sind der Bournonit, ein antimonhaltiges Sulfosalz mit 42 Procent Blei; noch geringere Bedeutung haben Bleivitriol,

Buntbleierz u. s. w. Das Entschwefeln geschieht durch die Niederschlagsarbeit, indem man den Schwefel im Ofen an Eisen (Eisengranalien, erhalten durch Giessen zerschmolzenen Roheisens in Wasser) bindet; oder man röstet, d. h. man verwandelt einen Theil des Schwefelbleies in Oxyde und schweflige Säure (auch Bleisulfat), welche den Rest des Schwefelbleies zersetzen und metallisches Blei liefern. Das Weissbleierz und das beim Abtreiben des Silbers erhaltene Bleioxyd (Glätte) werden mit Kohle, Holzkohle oder Coke im Schachtofen gefrischt (reducirt); das Frischblei hat in der Regel noch eine Raffinirung nöthig. Das Blei ist neben dem Kupfer das Metall, auf dem der deutsche Bergbau (besonders im Harz und in Sachsen) wesentlich beruht; von den nahezu 5 Millionen Centnern, welche Europa jährlich producirt, kommen auf Deutschland etwa $^2/_3$ Millionen, und steht daher das deutsche Reich trotz des Reichthums der steirischen Werke (Bleiberg) Oesterreich (mit circa 150000 Centnern) und trotz des sardinischen starken Bleiexportes mehr noch Italien (circa 40000 Centner) voran; ganz unerheblich ist die Ausbeute Russlands, namentlich im Vergleich mit der an anderen Metallen. Belgien ist dagegen verhältnissmässig mindestens gleich günstig situirt (über 100000 Centner), Frankreich etwas besser (über 800000 Centner), bedeutend besser aber Grossbritannien (nahe an $1^1/_2$ Millionen Centner) und Spanien (über $1^2/_3$ Millionen Centner). — Das Kupfer gewinnt man grossentheils aus dem Kupferkies (34 Procent Gehalt), ferner aus Buntkupfererz (55 Procent) und Kupferglaserz (Schwefelkupfer, 79 Procent), auch aus Fahlerzen (bis 48 Procent) ferner aus Malachit (57 Procent), Kupferlasur (55 Procent), gediegen Kupfer (Lake Superior; Japan etc.), Rothkupfererz, auch wohl Kieselkupfer und dem südamerikanischen Atakamit. Die Processe sind theils Schmelzen, theils Extraction auf nassem Wege; das Schmelzen geschieht nach dem deutschen Verfahren in Schachtöfen und Heerden, nach dem englischen Verfahren in Flammöfen. Beim deutschen Kupferhüttenprocesse geht ein Rösten in offenen Stadeln oder in besondern Oefen vorher, durch welches ein grosser Theil des Schwefels, Arsens und Antimons verflüchtigt wird; die gerösteten Erze, aus unzersetztem Schwefelmetall und aus Oxyden und Vitriolen bestehend, werden dann mit Kohle zu Rohstein oder Kupferstein geschmolzen, dieser zerschlagen und mit Schlacken zu einem reicheren Spurstein (mit 50 Procent Metall) geschmolzen, welcher noch ein paar Male geröstet, darauf durch Schmelzen im Schacht- oder Krummofen zu metallischem Schwarzkupfer (etwa 94 Procent Metall haltend) und einem ziemlich reichen Kupferstein (Dünnstein oder Reichlech) verarbeitet wird. Die Verunreinigungen des Schwarzkupfers, Schwefelreste, Nickel, Kobalt, Zink, entfernt man auf dem Gaarherde, einem länglichen, mit Eisenplatten belegten Herde, der nahe der Rückwand der Esse eine Grube hat. Diese wird mit Kohle

und Lehm verkleidet, mit Kohle gefüllt; es wird starker Gebläsewind darauf geleitet und so das geschmolzene Kupfer stets von oxydirender Luft getroffen. Rationeller ist das englische Verfahren, bei welchem das geröstete Erz unter Zuschlag verschlackender Massen zu Rohstein verschmolzen, dieser durch Einlassen in kaltes Wasser granulirt, abermals geröstet, dann zu Concentrationsstein verschmolzen und nun durch ein Röstschmelzen oxydirt wird, bei welchem das zu Oxydul und schwefliger Säure umgewandelte Schwefelkupfer auf die noch vorhandenen Reste des letzteren immer weiter einwirkt und schon ziemlich reines Schwarzkupfer resultirt; dies wird im Raffinirofen einer oxydirenden Behandlung so lange unterworfen, bis das Kupfer selbst zu oxydiren beginnt; dann sind Eisen, Zink, Nickel und Schwefel abgeschieden. Die Extraction auf nassem Wege stellt bei der leichten Löslichkeit des Kupfers ohne alle Schwierigkeit eine Vitriollösung oder Chloridlösung dar, aus welcher das Metall als Cementkupfer durch metallisches Eisen niedergeschlagen wird. So werden namentlich die Röstrückstände kupferhaltiger Schwefelkiese, aber auch natürlich auftretende Lösungen von Vitriol behandelt. Das Kupfer, nächst Eisen das nothwendigste unserer Metalle, wird in Europa zu jährlich etwa 600000 Centnern verhüttet, wozu aber noch ein nicht unbedeutendes Quantum importirt wird. Letzteres stammt meist aus Südamerika, das jährlich über 300000 Centner producirt. Hiervon kommen auf Chile allein etwa 280000 Centner. Die Verhältnisszahlen für die einzelnen Distrikte variiren nach den einzelnen Jahren stark; eine wie grosse Rolle aber durchweg Deutschland spielt, möchte daraus hervorgehen, dass der Harz einschliesslich des Mansfeldischen bis 150000 Centner pro Jahr erzeugt hat. Russland wird zu 100000 bis 130000 Centner, Grossbritannien zu 150000 bis 350000, (wovon 50000 auf Neuseeland kommen) Oesterreich zu 30000 bis 60000, Spanien zu 40000 bis 80000, Skandinavien zu 60000, Nordamerika zu 200000, Japan zu 30000 Centnern geschätzt. Dass neben der Kupfergewinnung auch die Schwefelsäurefabrikation mit Erfolg betrieben wird, ist ebenfalls zu erwähnen; die Erze, welche vorzugsweise dazu dienen, sind indessen (neben gediegenem Schwefel) stets die Eisenkiese. — Das dem Kupfer meist zugesellte Kobalt, dessen eigentliche Erze besonders Speiskobalt und Kobaltglanz sind, wird zunächst geröstet und dann meist zu blauer Farbe, Smalte, mit reinem Quarzsand und Pottasche geschmolzen; diese wird in Wasser gegossen, gepocht und zermahlen und giebt blaue Glasurfarbe und sonstige blaue Farbe. Regulinisch und in Legirungen ist dies Metall unwichtig; von Farben, die es liefert, ist noch das Oxyd als Schwarz für Porzellanmalerei wichtig; ausserdem kommen Sächsischgrün aus Zinkoxyd mit etwas Kobaltoxydul, Kobaltgelb oder salpetrigsaures Kobalt-Kalium, Kobaltbronze oder phosphorsaure Kobaltoxydul u. a. m. in Anwendung. —

Das ebenfalls mit Kupfer und fast stets mit Kobalt auftretende Nickel wird aus Kupfernickel (Arsennickel mit 44 Procent Nickel), Weissnickelkies (28 Procent), Antimonnickel (31 Procent), Nickelantimonglanz (27 Procent), Nickelkies oder Haarkies (Schwefelnickel mit 64 Procent Nickel) und endlich aus nickelhaltigem, bis zu 10 Procent Nickel aufweisendem Schwefelkiese (auch aus solchem Magnetkiese) dargestellt. In Schweden, Norwegen und Nassau pflegt man die scharf gerösteten Erze, zu Rohstein verschmolzen (concentrirt), wieder geröstet, zu Concentrationsstein (Spurstein) verschmolzen, mit Coke verblasen oder raffinirt, d. h. vom letzten Reste Eisen befreit, den „Raffinationsstein“ (weissen Nickelstein), aus Schwefel, Nickel, Kobalt und Kupfer bestehend, auf nassem Wege zu verarbeiten. Das Speiseschmelzen dagegen erzielt eine Verbindung von Nickel und Arsen, frei von Kupfer und Eisen, die Nickelspeise, welche, wie alle anderen Zwischenprodukte und wie viele Erze direkt, auf nassem Wege behandelt wird. Dabei wird das Metall in Salzsäure oder Schwefelsäure gelöst, die salzsaure Lösung mit Kalkmilch oder Kreide, die schwefelsaure mit Aetznatron oder kohlensaurem Natron behandelt und dadurch von Eisen und Arsen und einem Theile des Kupfers befreit, dann durch Schwefelwasserstoff vollends vom Kupfer, vom Blei und Wismuth, durch Kochen mit Chlorkalk vom Kobalt (das als Superoxyd gefällt wird). Endlich schlägt man das Nickel als Oxydhydrat oder Carbonat wieder, wäscht den Niederschlag aus und trocknet ihn; darauf wird er mit Wasser und Roggenmehl oder mit Rübenmelasse geformt, wieder getrocknet und in wenigstens 3 Stunden andauernder Weissglühhitze in Thontiegeln zu Metall reducirt. Kommt es, wie bei Münzen, auf Kobalt- und Kupferbeimengung nicht an, so bedarf es des Abscheidens dieser beiden Metalle nicht. Das Nickel ist trotz aller Vorliebe, welche die moderne Industrie ihm, man kann sagen unverdienter Weise, zugewandt hat, ohne wirklich grosse Bedeutung; selbst das aus Kupfer, Zink und Nickel (etwa $^1/_2$ des ersteren und je $^1/_4$ der beiden letzteren, in besseren Sorten aber nickelreicher, bis zu $31\,^1/_2$ Procent, mit 43 Kupfer, oft mit $1-2^1/_2$ Procent Eisen oder auch Blei, bis 3 Procent, und entsprechend weniger Kupfer oder Zink, in minder weissen Sorten immer noch mit 20 Procent Nickel) dargestellte Neusilber kann im Grunde kein durchweg gutes Fabrikat genannt werden, da es viele der wesentlichen Nachtheile, die das Kupfer hat, in gewissem (mit dem Kupfergehalt im Allgemeinen steigendem) Maasse theilt, insbesondere die leichte Löslichkeit in Säuren und die giftigen Eigenschaften der Lösungen. Auch ist das Quantum, welches überhaupt erzeugt wird, kein sehr grosses; es beschränkt sich auf 19000 Centner jährlich, wovon reichlich die Hälfte im deutschen Reiche gewonnen wird. Jedoch ist anzunehmen, dass die Menge mit der Zeit eher ab- als zunehmen wird, da man doch viele aus früheren

Zeiten zurückgelegte Vorräthe von Erz verarbeitet; wogegen freilich eine Steigerung der ausländischen Production (Nordamerika, Brasilien, Oesterreich, Skandinavien und mit einer Kleinigkeit Frankreich und Belgien, welches besonders italienische Erze verhüttet) nicht unwahrscheinlich ist. — Sehr wichtig ist aber wieder das Zink, dessen Totalproduction auf mehr als $2^1/_2$ Millionen Centner jährlich geschätzt wird, und hiervon kommt ein namhafter Theil auf Deutschland, besonders Schlesien, z. B. Tarnowitz, ($^3/_4$ bis 1 Mill. Centner, soviel als auf Belgien) und Rheinland-Westfalen, besonders Aachen (Altenberg), auch Iserlohn, ($^1/_3$ Mill. Centner ca., etwa doppelt soviel als auf England). Geringer ist die österreichische Ausbeute (Bleiberg). Das wichtigste Erz ist der freilich nicht in Gängen, sondern in der unten zu besprechenden Form von Lagern und Stöcken auftretende Galmei, unter welchem Namen man aber die Silikate, besonders das wasserhaltige Kieselzink, und das Carbonat (den Zinkspath oder Smithsonit, auch edler Galmei genannt) zusammenfasst; demselben schliesst sich die erst neuerdings mit gutem Erfolge verarbeitete Blende (Schwefelzink, mit 67 Procent Metall) und der nordamerikanische Franklinit (Eisenoxyd mit Manganoxyd und Zinkoxyd mit Oxydul beider vorgenannten Metalle) nebst dem ihn begleitenden Rothzinkerz (reinem Oxyde, mit 80 Procent Metall) an. Der Galmei wird geröstet und das dadurch gebildete Oxyd mit Kohle in Weissgluth reducirt, wobei das Metall sublimirt und in einem Condensator zu flüssigem Metall condensirt wird. Das Verfahren im Einzelnen ist in allen Distrikten verschieden. Beim Rösten der Blende hat man grössere Vorsicht anzuwenden; man erhitzt etwa 24 Stunden unter starkem Luftzutritt zu Rothgluth, dann erst bis zu beginnender Weissgluth. Das Schwefelzink wird dann zu Zinkoxyd und schwefliger Säure oxydirt, ohne dass sich Schwefelsäure in erheblichen Mengen bildet; das andern Falls gebildete Sulfat ist schwer zerlegbar. Der Franklinit, der nur 17 bis 21 Procent Zinkoxyd oder 13 bis 17 Procent Zink enthält, muss einem Concentrationsverfahren unterworfen werden, welches übrigens voraussichtlich auch in Schlesien auf den immer ärmer werdenden Galmei anzuwenden sein wird; dieses besteht im Sublimiren des Metalles, das sich wieder oxydirt und als unreines Zinkoxyd aufgefangen wird. Die Zinkbleche und die Zinklegirungen, namentlich das Messing aus $^3/_4$ Kupfer und $^1/_4$ Zink oder $^2/_3$ Kupfer und $^1/_3$ Zink, der sogenannte Gelbguss, oft mit erheblich mehr Zink, bis über die Hälfte des Ganzen (Prinzmetall), oft aber auch annähernd der ersten Angabe gemäss, sind von erster Wichtigkeit; auch Gussgegenstände mannigfacher Art stellt man aus Zink her; die Fähigkeit, sich bei gelinder Erwärmung, etwa bis 100° C., trotz der ihm sonst eigenen Sprödigkeit in Bleche walzen zu lassen, ist sehr bemerkenswerth. Als minder wichtiger Antheil wird Zink noch manchen Legirungen (dem

Neusilber, Hartguss u. dergl.) zugesetzt. Die Zinkdestillation liefert zu Anfange das Cadmium und einen stark mit braunem Cadmiumoxyd vermengten, daher für sich gesammelten Zinkstaub (vergl. im folgenden Kapitel die Farbstoffe). — Von den sogenannten Halbmetallen sind Antimon, Arsen und Wismuth technisch von Belang. Das Wismuth wird hauptsächlich aus gediegenem Wismuth (Erzgebirge, mit Silber- und Kobalterzen, Peru, Australien), nächstdem aus Wismuthglanz oder Schwefelwismuth und Wismuthkupfererz gewonnen; doch ist in Böhmen das Quantum der Erze auf etwa 350 Centner, die Menge des in Sachsen gewonnenen Wismuthmetalles auf etwa 300 Centner pro Jahr beschränkt. Die Gewinnung, die Saigerung, ist einfach; man erhitzt das (meist 4—12 Proc. Wismuth haltende) zerkleinerte Erz mit Holzkohle in schiefliegenden gusseisernen Röhren, aus denen das leichtflüssige Metall ausfliesst, das man dann zur Verhütung der Oxydation mit Kohlenstaub bedeckt. Die Hauptanwendung ist die zu Letternmetall und zu andern leicht schmelzenden Legirungen. — Das Antimon, für welches das Grauspiessglanzerz (anderthalb Schwefelantimon, mit $71^1/_2$ Procent Antimon) das bei weitem wichtigste Erz ist, wird aus diesem theils durch Röstarbeit, theils (älteres Verfahren von Valentinus, der dasselbe um 1460 einführte) durch Aufschütten vom Schwefelerze auf glühende Schmiedeeisenabfälle und Schmelzen des Ganzen hergestellt, wobei unter Schwefeleisen regulinisches Antimon sich bildet. Die Anwendung des Antimons ist ähnlich wie die des Wismuths; das Letterngut besteht aus 18 Theilen Blei auf 4 Antimon, 2 Wismuth; doch kann man auch 11 Blei auf 2 Antimon, oder 16 Blei und 5 Zink mit 2 Kupfer und 3 Antimon, oder 20 Blei, 8 Zinn, 1 Antimon nehmen, so dass letzteres noch wesentlicher für diese Mischungen ist, als das Wismuth, das hauptsächlich für die Stereotypenplatten reservirt wird. Mit dieser Verwendung geht die als Zusatz zu Hartguss (nach manchen Vorschriften), zu Britanniametall, zu Metall für Dampfventile (4 Blei, 2 Antimon) u. dergl. Hand in Hand. Manche Präparate des Antimons (auch Wismuths) werden ferner als Heilmittel gebraucht. — Für das Arsen, das in vielen Erzen vorkommt, sind gediegen Arsen (Scherbenkobalt), Arsenblüthe oder arsenige Säure, die beiden Arten Schwefelarsen (Realgar und Auripigment oder Operment), der Arsenikalkies (Doppelarseneisen) und der Mispickel oder Arsenkies (Doppelschwefeleisen mit Doppelarseneisen, meist kobalthaltig) wichtig; aus denselben werden die arsenige Säure (das weisse Arsen, Giftmehl, auch Hüttenrauch) in Röstöfen, die Schwefelverbindungen durch Sublimiren von Arsen und Schwefel (oder Abdestilliren von Arsenikalkies und Schwefelkies oder dergl.), besonders in Schlesien (Reichenstein), Sachsen (Freiberg) und auf dem Harze (Andreasberg) hergestellt. Doch produciren England und Oesterreich je fast ebenso viel Arsen, als Preussen-Sachsen,

dessen Gesammterzeugung auf 27000 Centner pro Jahr geschätzt wird. Als Metall hat Arsen geringe Bedeutung; es dient als Zusatz, um den Legirungen Härte oder weisse Farbe zu geben, so dass z. B. 1 Theil Arsen auf 16 Theile Kupfer ein weisses Kupfer, ein verhältnissmässig noch viel geringerer Zusatz zum Blei ein etwas härteres Blei (zu Schrotkörnern) giebt. — Das Mangan, das oft dem noch zu besprechenden Eisen zugesellt ist, wird metallisch (obwohl man es neuerdings zu Legirungen angewandt hat, z. B. 3—8 Procent mit Kupfer zu einer walzbaren, dem Messing ähnlichen Bronce, 8—20 Procent mit Kupfer zu einer dem Glockengut ähnlichen, klingenden Bronce, 25 Procent mit 75 Kupfer zu einer weissen, harten Bronce, 16 Procent mit 20 Zink und 64 Kupfer zu einer polirbaren, weissen, wenig oxydirenden Legirung) im Allgemeinen nicht dargestellt. Dagegen ist das Mangansuperoxyd, besonders als Pyrolusit, wegen seiner oxydirenden Eigenschaften für die Technik und Chemie von sehr grossem Nutzen; auch werden Manganverbindungen in der Glasindustrie verwandt. Das Letztere gilt auch vom Chrom; dies ist indess hier weniger wichtig, dagegen mehrfach bei den Farbstoffen zu erwähnen. — Das Platin, obwohl in manchem Bleiglanz vorkommend (Frankreich, Ibbenbüren), daher auch wohl im Handelssilber, wird gleichwohl wesentlich nur durch Seifenwerke (siehe unten) gewonnen. Die Verhüttung ist einfach; das rohe (gediegene) Platin, das einzige wichtige Erz, mit meist ca. 75 Procent Platin, wird geglüht, zur Entfernung des Eisens mit Salzsäure behandelt, dann wird mit kalter Salpetersalzsäure erst das Gold gelöst, dann unter Erhitzung das Platin nebst dem Palladium und Rhodium, zweien der es begleitenden und ihm ähnlichen Metalle, während Osmium, Iridium, Ruthenium (nebst Chromeisen und Titaneisen) ungelöst bleiben. Aus der Lösung wird mittels Ammoniak das Platin als Platinsalmiak gefällt, dieser zu Platinschwamm geglüht und dieser wieder in Weissgluth verdichtet oder (im Platin-Gas-Schmelzofen) umgeschmolzen. Die Gewinnung und Bearbeitung des Platins sowohl, als der dasselbe begleitenden Metalle (unter denen das harte Iridium, z. B. zu Federspitzen gebraucht, wohl das wichtigste ist) beschränkt sich wesentlich auf Russland, obgleich auch in Brasilien und Peru, S. Domingo, Borneo, Nordcarolina, Neuseeland und am Iwalo in Finnland Platin vorkommt.

Das Eisen, das allerwichtigste der Metalle, entstammt, wie bereits angedeutet, nicht Gängen, sondern Lagern von Erzen. Die zur Gewinnung des Eisens dienenden Erze sind ausschliesslich die verschiedenen Oxyde, deren massenhaftes Vorkommen im Schichtgebirge mehrfach erwähnt ist. Das Magneteisen und der Eisenglanz kommen bereits in den ältesten krystallinischen Ablagerungen vor; nicht selten sind dieselben gefaltet, zusammengeschoben und bilden mächtige Stöcke, die indessen keine so grosse Flächenausdehnung besitzen, als die

regelmässigen Schichten (Flötze) der jüngeren Ablagerungen. Diese bestehen sehr oft aus Rotheisenerz, öfter noch aus Brauneisenerz und dessen Abarten (s. oben), seltner aus Spatheisenstein (von welchem das Kohleneisen in Westfalen das bedeutendste Beispiel liefert). Die kolossalen Mengen dieser Erze ermöglichen allein die modernen Eisenindustrie, und ist daher zu verschiedenen Zeiten schon die Verwerthung geringer, stärker verunreinigter Eisenerze (manche Bohnerze, Raseneisenstein oder Wiesenerz, thonige Sphärosiderite u. dergl.) angebahnt, mitunter nur, um bei ungünstigeren Conjuncturen sehr bald wieder liegen zu bleiben. Ganz besonders sind die norddeutschen Rotheisensteine (Eisenoolithe u. dergl.) der Liasformation und die in verschiedenen Niveaus der Kreidebildungen ebendort vorkommenden Bohnerze solchen Schwankungen ausgesetzt gewesen, die Eisensteine des braunen Jura daselbst aber gänzlich verlassen, während diese in Süddeutschland und ebenfalls in Elsass-Lothringen und in den angrenzenden Theilen Frankreichs (wo sie als „Minette“ [1]), d. h. als ein eckig-körniger, oolithartiger Brauneisenstein mit etwa 36 Procent Metall auftreten) Verwerthung finden. Ein Gleiches gilt von den westschweizerischen und in den angrenzenden Ländern auftretenden tertiären Bohnerzen, obwohl auch hier wieder jene Schwankungen in der Verwerthung vorkommen. Die englischen Thoneisensteine der productiven Steinkohlenformation im Westen und Norden des Königreichs England machen jedoch insofern eine Ansnahme, als auf diese, obwohl nur 20—35 Procent Metall liefernden, unreinen Spatheisensteinknollen der grösste Theil der englischen Eisenproduktion sich gründet. Einen Hauptrückhalt findet die Eisenindustrie immer in jenen älteren Ablagerungen in Grossbritannien, Skandinavien, Steiermark und anderen Theilen der Alpen, im östlichen Harze, im Ural, in Spanien, auf Elba u. s. w., und besonders sind es, wie bereits oben erwähnt, die Magneteisenerze (z. B. von Dannemora in Schweden), welche das reinste Eisen geben. Dasselbe Erz verhüttet man in Neu-England und Neu-York; Rotheisenerz ebendort, in Pennsylvanien und manchen anderen Staaten; endlich kommt auch in Amerika Spatheisenstein und Brauneisenstein namentlich in den Steinkohlenbildungen vor. Die unangenehmste der Verunreinigungen ist die durch Phosphor, der das Eisen bekanntlich kaltbrüchig macht; er stammt indirekt von organischen Beimengungen und findet sich am meisten in Brauneisenerzen, besonders im Raseneisenstein. Abgesehen hiervon liefern alle Erze an sich ziemlich gleiches Eisen, und es kommt hinsichtlich der Beschaffenheit desselben in viel höherem Grade auf die Verhüttungsprocesse an, als auf die Natur der Erze. Zunächst stellt man das

---

1) Nicht zu verwechseln mit einer ebenso benannten Porphyr-Abart, siehe Seite 51.

Roheisen, ein hartes, kohlehaltiges, schmelzbares Eisen, in kolossalen Mengen in den Hohöfen her, die nach langsamem Anwärmen behuf des Trocknens unter sehr lebhaftem, oft kaltem, oft heissem Gebläse in continuirlichem Betriebe mit Erz, Kohle (früher Holzkohle, jetzt meist gutem, möglichst entschwefeltem Coke) und Flussmitteln (Kalk) gefüllt werden und geschmolzenes Eisen und Schlacke abfliessen lassen. Letztere schwimmt oben; das Eisen, oft durch Schwefel, Phosphor, Silicium und Mangan verunreinigt, enthält 5 Procent Kohlenstoff chemisch gebunden [1]), manchmal aber durch Schwefel, Phosphor, Silicium oder Arsen abgeschieden als Graphit. Das mit Kohlenstoff gesättigte Eisen ist das weisse Spiegeleisen, das härteste, schwerste und am leichtesten — nach Pouillet bei 1050° C. — schmelzbare Roheisen; das mit Graphit gemengte ist das graue, das allmählige Uebergänge vom vorigen durch lichtgraues (mit je circa 2 Procenten beider Kohlearten) in dunkelgraues (mit 3—4 Procent Graphit) übergeht. Ein grosser Hohofen liefert oder „erbläst" täglich über 1000 Centner Roheisen, das nicht selten direkt zu Guss verwandt, meist aber erst umgeschmolzen, dabei zweckmässig gemengt und so als eigentliches Gusseisen verwandt wird. Die Schlacke, deren Schmelzbarkeit mit der des Eisens im Einklange stehen muss, besteht wesentlich neben der Kieselsäure aus Thonerde und Kalkerde; letztere kann theilweise durch Manganoxydul ersetzt werden. Sowohl ein sehr hoher Kieselsäuregehalt (über 55 Procent), als ein zu hoher Gehalt an Erden (über 70 Procent) macht die Schlacke schwer schmelzlich; da nun viel Kalk das Eisen von Schwefel und Silicium reinigen hilft, so arbeitet man für strengflüssiges graues Eisen jetzt meist mit kalkreichen strengflüssigen Schlacken (etwa 50 Procent Kalk auf etwa 20 Thonerde und 27 Kieselsäure). Dies hat jedoch den Nachtheil, dass die Schlackenmenge eine noch grössere wird, und ist bereits die geringe Verwerthbarkeit und überlästige Anhäufung der Schlacken früher erwähnt.

Mehr noch, als zum Guss, verwerthet man das Roheisen zur Herstellung des Schmiedeeisens und Stahles. Das erstere ist entkohltes Eisen, äusserst schwer schmelzbar, sehr zäh und hämmerbar, in der Hitze schweissbar, wenn rein fast silberweiss, vom Gewichte 7,84 und mässiger Härte; die Entkohlung erfolgt seit der Einführung der Hohöfen in besonderen Oefen, während man in alter Zeit das reine Eisen direkt herstellte. Der Graphit des grauen Eisens muss dabei erst zu chemisch gebundenem Kohlenstoff umgewandelt werden; dann wird das Eisen gefrischt oder gepuddelt. Beim Frischofen bildet der Frischherd einen durch Eisenplatten oder „Zacken" geschlossenen

1) Bekanntlich hat dies zur Aufstellung der Formel Fe_4C geführt, welche 5,086 Procente Kohlenstoff bedingt.

(2 Meter langen, 1 Meter breiten, 3/8 Meter hohen) viereckigen Raum unter einer Esse, in welchem Holzkohle in lebhaften Brand gesetzt wird; das Roheisen, allmählich erhitzt, wird seitwärts eingeschoben, mit Hammerschlag (Oxyduloxyd, das mit dem Winde zusammen oxydirend wirkt) bestreut, nach ein- oder mehrmaligem Aufbrechen und Wiederschmelzen das schmiedbare Eisen, die Luppe, wieder herausgezogen und behuf Auspressung der noch von ihm eingeschlossenen Schlacke unter einen Hammer gebracht. Das Puddeln, durch dessen Erfindung erst der moderne Aufschwung der Eisenindusterie ermöglicht ist, geschieht in einem mit natürlichem Luftzuge betriebenen, mit Steinkohlen geheizten Flammofen, in welchem der Herd durch Feuerbrücken in der Mitte (vom Rostfeuer einerseits und vom Fuchs anderseits) abgegrenzt ist; durch diese und die Seitenwände läuft ein hohler gusseiserner Kasten, welcher fortwährend mittels eines Wasserstromes gekühlt wird, während die Kühlung der eisernen Bodenplatten unten durch Luft erfolgt. Das Eisen wird dann auf dem Herde unter freiem Luftzutritt niedergeschmolzen und beständig gerührt, „gepuddelt“, sein Kohlenstoff oxydirt und die Masse entweder unter beständigem Schlackenabfluss allmählig in mehrere Luppen verwandelt (4—5 Centner in ebensoviele Luppen, die wie oben behandelt werden); oder man lässt das entkohlte Eisen in einer kochenden, flüssigen Schlacke, „Kochschlacke“, erst oben schwimmen, dann untersinken und unter Aufbrechen und Rollen mit der Brechstange zusammenschweissen. Das letztere Verfahren, welches auch aus minder feinem Roheisen reineres Eisen liefert, daher jetzt fast allgemein angewandt ist, bewirkt erst eine allmählige Oxydirung des Siliciums und Mangans unter Auflösung des etwa vorhandenen Graphits, dann, beim Aufkochen, lebhafte Oxydirung fast allen Schwefels, Phosphors (der als phosphorsaures Eisenoxydul in die Schlacke übergeht) und Kohlenstoffs. Auch hier werden die porösen, Schlacke einschliessenden Luppen gezängt, d. h. mechanisch gepresst, zuerst durch Hämmer, dann durch Walzen u. s. w. Setzt man das Frischen oder Puddeln reineren Roheisens nur bis zu einem gewissen Punkte fort, so dass ein Theil (nicht unter 1 Procent) des Kohlenstoffs bleibt, dem Eisen grössere Härte und einen gewissen, wenn auch sehr geringen Grad von Schmelzbarkeit verleiht, aber doch nicht die Schmiedbarkeit hindert, so erhält man den (schon im 14ten Jahrhundert dargestellten) neuerdings üblich gewordenen Frisch- oder Puddelstahl; der Bessemerstahl ist in ähnlicher Weise aus Roheisen durch Hindurchblasen stark gepressten Windes erzeugt (welches nicht genügt, das Eisen völlig zu entkohlen). In entgegengesetzter Weise verfährt man beim Erzeugen des Cementstahles (Blasenstahles), indem man hier kleine Stäbe aus Schmiedeisen mit Kohle enthaltendem oder bildendem Pulver in grossen Kästen aus feuerfestem Thon (4 Meter lang, 1 Meter hoch und breit) erhitzt.

Die Pulver, Cementirpulver, bestehen aus organischen Stoffen, Leder, Horn, Kohlenpulver, und Kalk. Das ungleichmässige Produkt wird durch Zerbrechen und Wiederschweissen in ein gleichmässigeres (Packet- oder Gärbstahl) verwandelt.[1] Gussstahl ist endlich ein in Tiegeln aus feuerfestem Thone umgeschmolzener Stahl, früher aus Cementstahl, jetzt aus Puddel- und Bessemerstahl hergestellt. Der Zweck dieses Schmelzens ist, eine gleichartige und durch Abscheidung aller Reste von Schlackentheilchen reinere, daher ganz besonders feste Stahlsorte zu erzielen. In neuerer Zeit sind dazu besondere Oefen[2]) construirt, welche eine Production in grösserem Maasse, z. B. in Preussen 1874 von fast 4700000 Centner, etwa zur Hälfte aus Puddelstahl, zur anderen Hälfte aus Bessemerstahl, ermöglicht haben.

Die Mengen des in diesen 3 Formen verbrauchten Eisens sind kolossal; die Production ist am grössten in England, das jährlich allein über 130 Mill. Centner liefern soll, die Hälfte etwa des Totalbetrags der ganzen Erde. Danach kommt jetzt wohl entschieden Amerika, das vor 25 Jahren bereits etwa 20 Mill. Centner (1 Mill. Tonnen) producirt, seitdem aber entschieden dies Quantum mehr als verdoppelt hat. Von den einzelnen Staaten Amerikas steht Pennsylvanien obenan. Einen starken Aufschwung zeigen ferner Frankreich (vor 30 Jahren 10, jetzt 25 Mill. Centner), Deutschland mit früher etwa 15 Mill., jetzt über 30 Mill., Belgien mit früher 7, jetzt 11 Mill., Oesterreich mit früher 6, jetzt $8^1/_2$ Mill., während Russland mit seinen annähernd den letzten beiden Ländern gleichem Quantum von 6—8 Mill. Centnern weniger Veränderung zeigt. Schweden zeigt wieder eine Vermehrung von 3 Mill. auf 5, mit Norwegen 6, Australien liefert 2 Mill., Spanien $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Mill. Centner, Italien früher geringe Mengen, jetzt nicht viel weniger als $1^1/_2$ Mill., Asien etwa 1 Mill. (besonders das asiatische Russland und Südasien, doch fängt auch Japan stärker zu produciren an).

Hinsichtlich der Aufsuchung der Lager lässt sich im Allgemeinen wohl behaupten, dass die oberflächlichen Schürfe hier schon eine ziemlich grosse Rolle spielen, dass man aber auch das Erbohren nicht entbehren kann. Das Verfahren ist ähnlich dem bei Aufsuchung der Gänge besprochenen und namentlich ganz übereinstimmend mit

---

1) Manche Einzelheit, wie z. B. die Verbesserung des Federstahls durch Zusatz des dem Eisen ähnlichen Wolframmetalls u. s. w. hat hier keine Berücksichtigung finden können, und verweisen wir auf die Werke über Eisen- und Stahlindustrie.

2) Besondere Flammöfen oder mechanische, rotirende Oefen, aus Eisenblech mit dem besonders feuerfesten (französischen) Beauxit gefuttert. Besonders reine Erze sind für manche der neuerdings eingeführten Proceduren, z. B. für die von Uchatius, wesentliche Bedingung.

demjenigen, das beim Ermitteln der Kohlenflötze noch zu berühren sein wird. Ebenso ist für die Gewinnung manchmal der Tagebau schon von Belang, das unterirdische Ausbeuten aber auch hier das ungleich wichtigere; die Abbaumethoden sind im Wesentlichen schon oben aufgezählt.

Von Erzen anderer Metalle ist es namentlich der Galmei, welcher hier anzuschliessen, dessen Verwerthung aber oben in Verbindung mit der der anderen Zinkerze abgehandelt ist; ferner gehören viele der Manganerzablagerungen und die für Deutschland wichtige und interessante Ablagerung des Kupferschiefers hierher, dessen sehr constantes, wenn auch nur wenig (0,2 bis 0,5 M.) mächtiges Auftreten im unteren Zechstein Thüringens, des Mansfeldischen u. s. w. oben berücksichtigt ist. Trotz des nicht sehr geringen, meist unter 5 Procent betragenden Kupfergehaltes (dem sich ein geringer Silbergehalt zugesellt) und trotz der beschwerlichen Gewinnung und Förderung (in niedrigen Wägelchen, Schlepphunden, durch kriechende, sich gegen Dach und Liegendes stemmende Jungen) werden die in den angegebenen Districten meist wenig geneigten, ziemlich regelmässig gelagerten Gesteine dieses Flötzes mit grösster Energie abgebaut. Theoretisch gehören endlich auch die losen Anhäufungen von Erzen zu den geschichteten Vorkommnissen, welche in oberflächlichen Anlagen meist mit Hülfe von vielem Waschen und unter starkem Wasserverbrauch ausgebeutet werden. Dies sind die sogenannten Seifen, die sich zu den festeren Erzlagern grade so verhalten, wie loser Boden zu den Felsen, so dass sich auch Uebergänge finden, wie namentlich die Seifen sich manchen der Eisenablagerungen (Bohn- und Rasenerzen) ziemlich nahe anschliessen. Auch gehört das Vorkommen eines der Eisenerze, des unter Anderem in Nordböhmen vorkommenden Titaneisensandes (Iserins), eines für die Stahlfabrikation hie und da geschätzten Erzes, wesentlich zu den Seifen. Die hauptsächlichsten Seifengebirge sind Platinsand und überhaupt die des Platin (am Ural u. s. w.), Goldsand und Gold haltender Kies oder Thon (deutsche Flussthäler; Californien, Australien, Goldküste Afrikas u. a. m.), Zinnseifen, die einen vorzüglich reinen Zinnstein liefern (in Cornwall und auch auf der Halbinsel Malacca). Das Goldsuchen in unseren Bächen wird jedoch nur noch gelegentlich betrieben und ist mit Recht als durchaus nicht lohnend in Vergessenheit gekommen. An fliessenden Gewässern finden sich die Ablagerungen meist in starken Biegungen oder in ausgeweiteten Stellen vor dammartigen Anschwellungen des Terrains und auch da, wo ein heftig einströmendes Seitengewässer eine Art von Stau hervorbringt. Liegen die Seifen tiefer, so kann eine rohe Art Bergbau nöthig oder doch wünschenswerth werden; dies ist namentlich in Australien an solchen Stellen der Fall,

wo Lavaströme über die Seifen geflossen sind.[1]) Ein Haupthülfsmittel ist das Bespritzen der auszubeutenden Stellen mit kräftigen Wasserstrahlen, das man namentlich in Californien mit grösster Ausdauer und Energie anwendet. Immer bleibt der Gewinn unsicher; und unbedingt gehört auch eine Ausdehnung der Seifen, wie sie etwa in Californien sich findet, dazu, um eine anhaltende Ausbeutung zu sichern. Nur vorläufig ist hier zu erwähnen, dass in den Seifen auch die meisten Edelsteine, besonders die Diamanten, gefunden werden; Brasilien, Ostindien, das Cap sind für diese im folgenden Kapitel zu besprechende Industrie, der sich auch unsere Bernsteingewinnung anreiht, die Hauptlocalitäten. —

Nur kurze Bemerkungen erheischt das Aluminium, dasjenige Leichtmetall, welches man auf ziemlich complicirtem Wege aus Kryolith oder auch aus Beauxit (nicht aus dem gemeinen Thone) darstellt. Es wird wegen seines geringen Gewichtes (2,56, geschmiedet 2,67), seiner Fähigkeit, sich gut und leicht bearbeiten zu lassen, seiner Härte, Festigkeit und grossen Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation (und Säuren ausser Salzsäure) und endlich wegen seiner Fähigkeit, brauchbare Legirungen zu bilden (Aluminiumbronce mit 10 Alumin, 90 Kupfer, goldfarbig, hart) vielfach hergestellt, aber immer nur in kleinen Mengen. Der Grund davon ist die Schwierigkeit und Kostspieligkeit der bisher erfundenen Verfahren; der Preis von 1 Kilo ist 112 Mark, was trotz des leichten Gewichtes für ein noch so nützliches unedles Metall viel zu hoch ist, als dass die Industrie schwungreich betrieben werden könnte. Ein paar französische Fabriken sind daher augenblicklich die einzigen, welche Alumin liefern. —

Das zweite Hauptobjekt des Bergbaues, die Brennstoffe, gruppiren sich in technischer Hinsicht zumeist um die Steinkohle im weiteren Sinne oder Mineralkohle, deren Arten und Vorkommnisse im ersten Abschnitte besprochen sind. Danach hat man dieselben ausschliesslich in geschichteten Lagen zu erwarten, welche mit anderen Schichtbildungen wechseln und auch hier Flötze genannt werden. Die Tagebauten sind hier ebenfalls wichtig; man kann sagen, dass die eine, jüngste Art der mineralischen Kohle, der (alluviale und noch fortwährend erzeugte) Torf ausschliesslich auf diese Weise, in den Torfstichen, gewonnen wird. Die Anlage dieser Torfstiche ist so einfach, wie ihr Betrieb, das Auffinden der oberflächlichen Lager nie mit Schwierigkeiten verbunden. Das Material wird, wenn es gehörige

---

1) z. B. fand man in Uralla in Queensland unter 3 Meter Thon und 6 Meter vulkanischer, thongemischter Asche zunächst über 10 Meter basaltische Lava, dann 5 Meter Thon, Sand u. dergl. in Wechsellagen, dann erst $4\frac{1}{2}$ Meter losen Sand mit wenig Gold und unter einer wenige Decimeter starken röthlichen Thonschicht das Hauptgoldlager, etwas über 1 Meter mächtig, mit Kies, Granitgrus u. dergl.

Cohäsion hat, zerschnitten und an der Luft oder in feuchtem Klima in Oefen getrocknet; sonst baggert man den Torf, presst ihn in Formen und trocknet die geformten Stücke, den sogenannten Back- oder Baggertorf. Man unterscheidet den leichten und schweren Torf, von denen jener grössere Mengen halb- und unzersetzter Pflanzentheile enthält; die Unterscheidungen nach den Hauptpflanzen sind schon oben berücksichtigt. Die lufttrocknen Torfstücke enthalten etwa 25 Procent Wasser (die rohen über 75); die Heizkraft ist immer erheblich geringer, als bei guter Steinkohle, auch wenn man gleiche Gewichte vergleicht. Die Angaben wechseln indessen sehr; gewöhnlich nimmt man im Mittel an, dass der Torf (lufttrocken) 40 Procent der Heizkraft guter Steinkohle hat; andere Angaben findet man zu 50 oder mindestens doch zu 46 Procent, auch selbst zu 60 bis 65 Procent mittlerer Steinkohle; ferner findet man die Heizkraft des Torfes ziemlich allgemein gleich $^2/_3$ der von guter Braunkohle angegeben. Die Menge des verwertheten Torfes, der für manche, z. B. häusliche Zwecke ein sehr bequemes, ja tadelfreies Brennmaterial ist, aber hie und da auch industriellen Zwecken, selbst dem Locomotivheizen dient, ist sehr gross. Die höchste Entwicklung hat die Torfgewinnung in den Niederlanden, in Würtemberg, Bayern, Böhmen, in Schottland, Irland und in Canada aufzuweisen, und ist hier auch die Methode des Comprimirens (zu Briquettes) allgemein üblich, sowie an manchen Orten die Verkohlung der Torfe. Naturwüchsiger ist die Verwerthung im nördlichen Deutschland. Die Lager sind keineswegs alle gemessen, noch auch nur annähernd geschätzt, und ist man erst in neuester Zeit in dieser Beziehung systematischer vorgegangen. In Nordamerika schätzt man die von Torflagern bedeckte Fläche auf 800 bis 1000 (engl.) Quadratmeilen, im nördlichen Europa auf halb so viel; die Mächtigkeit wechselt von 1 bis zu 10 Metern. Selbstverständlich ist nicht die ganze Masse gleich gut. Sehr ausgedehnte, aber durchschnittlich nicht besonders tiefe Lager hat die Mark nebst den ihr angrenzenden Provinzen; der Nordwesten Deutschlands bildet dagegen schon den Uebergang zu den mächtigeren holländischen Ablagerungen. Die auf Anhöhen, besonders Plateaus befindlichen Torfmoore sind im Allgemeinen wenig verschieden, nur sind dort die Moostorfe (Hochmoore) wohl etwas verbreiteter. Eine besondere Abart stellen die submarinen Torflager dar, die in der Nähe der Mündungen (Firths) nordenglischer Flüsse eine Rolle spielen; sie sind fest, ziemlich rein und bestehen aus einheimischen Baumresten; allein sie bilden vermöge ihres grösseren (wenn auch geologisch immer noch der Jetzwelt zuzurechnenden) Alters und des Drucks der sie überlagernden 5—10 Meter Schlamm eine Art Uebergang zu der Braunkohle, die in ähnlicher Art auch von den diluvialen schweizerischen Lagern von Uznach dargestellt wird.

Die Braunkohle tritt auch zum Theil in sehr oberflächlichen Lagern auf, welche in besondere Becken vertheilt sind, zum Theil aber auch schon in Flötzen, die sich mehr in der Tiefe finden oder doch sich in grössere Tiefe verfolgen lassen. Die Braunkohle stellt in jeder Beziehung die Mitte zwischen Torf und Schwarzkohle dar, so dass ihr Pulver (Formkohle) mit Wasser angerührt viereckige Stücke (Törfe) oder Presssteine (Briquettes) liefert, wie der Torf, zugleich aber Stückkohle und feiner gestückte Nuss- und Knorpelkohle vorkommt. Die häufig in der Braunkohle auftretenden, meist nur halbzersetzten Hölzer heissen Lignite, welcher Name aber von Engländern und Franzosen oft auf sämmtliche Braunkohle angewandt wird. Diese ersetzt im Allgemeinen die backende Steinkohle nicht, hat auch nie die nämliche Heizkraft — man nimmt $^3/_5$ bis $^2/_3$ an — ist indessen für viele Zwecke ein wichtiges Ersatzmittel der Steinkohle. Von geringer Wichtigkeit sind im Ganzen die älteren Vorkommnisse, obwohl man hie und da die Lettenkohle, besonders aber auch die an der Trias- und Liasgrenze auftretende Braunkohle (auf Schonen) verwerthet. Hinsichtlich der Benutzung der tertiären Braunkohlen ist bisher wohl in Deutschland das Grossartigste geleistet; namentlich steht Böhmen obenan, nächstdem die Provinz Sachsen. In beiden Ländern, sowie im Herzogthum Braunschweig (bei Helmstedt) und durch die ganze Mark Brandenburg, einschliesslich der Niederlausitz, ja bis nach Preussen und zuletzt noch bei Königsberg im Samlande, kommen Braunkohlenlager vor. Im Fleming und in der südlichen Lausitz kommen stärkere Faltungen der Schichten vor, von denen Figur 67 einen idealen Durchschnitt giebt. Wenn auch in den von der Saale und Elbe entfernteren Theile sparsamer vertheilt, finden sich überall, oft mit grösseren Tagebauten im Vereine, ganz ansehnliche Bergwerke. Auch am Rhein, besonders am Niederrhein, im Elsass, in Hessen u. s. w. findet Braunkohlenbenutzung statt. Die Flötze liegen hier meist in geringer Zahl, aber in ziemlicher Mächtigkeit zwischen Sanden und werden in ähnlicher Weise, wie die Steinkohlenflötze, erbohrt und abgebaut, nur dass beide Proceduren sich vorwiegend auf minder tiefe Erdschichten beschränken. Weit primitiver ist noch die Benutzung der nordwesteuropäischen insularen Braunkohle, obwohl man ausser auf Island (wo sie Surturbrand heisst) besonders auf den Färöer eine Ausbeutung begonnen hat. Diesen Vorkommnissen reihen sich unmittelbar die wenigen grossbritannischen Braunkohlen (im Osten von Irland, auf der schottischen Insel Mull) an; an die mitteldeutschen und westdeutschen Vorkommnisse die steirischen, überhaupt alpinen, die Auvergne, Basel u. s. w. Wichtiger ist wohl schon Spanien, namentlich aber versprechen die asiatisch-russischen Besitzungen an einzelnen Punkten und die hauptsächlichsten überseeischen Vorkommnisse, die Sundainseln, Japan, Chile, vielleicht auch Vancouver's

Insel (neben dem Tertiär des Missourigebietes der einzig wichtige Fundort für die amerikanischen Vereinsstaaten) eine gute Ausbeute für die Zukunft. Immer hängt freilich die Energie, mit welcher man die Gewinnung der Braunkohlen betreibt, von den Conjunkturen der Steinkohlenausbeutung ab; denn neben dieser wichtigsten der Mineralkohlenarten haben die Braunkohlen — trotz der mit ihnen auftretenden werthvollen Kohlenwasserstoffe — immer nur einen enger begrenzten Absatzkreis. Von den Verunreinigungen giebt die wichtigste, durch Schwefeleisen, Anlass zur Alaunbereitung, die noch später zu berühren sein wird.

Nicht nur an Qualität nämlich, sondern ganz besonders auch an absoluter Menge überragen die Steinkohlen im engeren Sinne, die „Schwarzkohlen" — oder auch im Gegensatz zum Anthracit die bitumenhaltigen Steinkohlen —, die vorigen Arten bei Weitem. Nur für sie gilt es in Wahrheit, dass sie ein den Erzen ebenbürtiges Bergbauobjekt sind; behuf ihrer Aufsuchung werden vorzugsweise auch die Tiefbohrungen an-

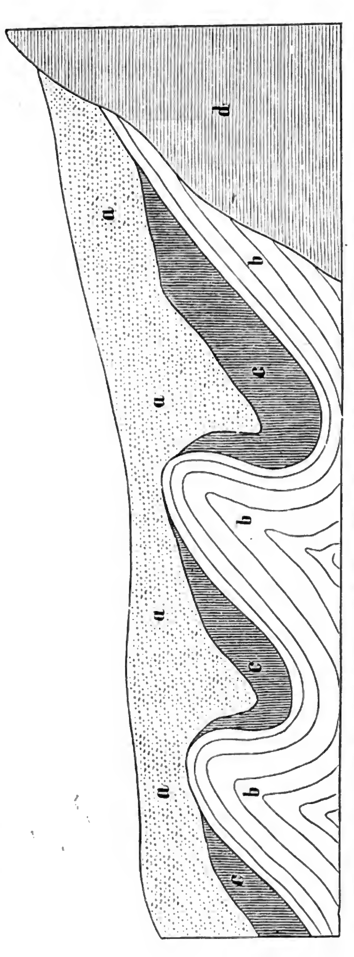


Fig. 67. Braunkohlenlager des südlichen Theils der Niederlausitz, *c*, von älteren Tertiärthonen, *b*, unterlagert, unter Diluvium und Tertiärsand (*a*) und auf älterem Gebirge (*d*).



gestellt, welche man namentlich in der norddeutschen Ebene vielfach bis über 1000 Meter fortgesetzt hat, um — wenn auch augenblicklich die Ausbeutung der Steinkohle in solcher Tiefe nicht rentiren würde, doch für zukünftige Eventualitäten — eine sichere Kunde über Auftreten und Verbreitung der Steinkohle zu haben. Wie überall, handelt es sich auch hier um die Kohle der eigentlichen Steinkohlenformation, gegen welche die übrigen Lager in den Hintergrund treten. Leider haben die (nach den oben besprochenen Methoden angestellten) Bohrungen ziemlich oft ein negatives Resultat geliefert, ohne Zweifel wegen der zwischen den ältesten Formationen und den die Kohle überlagernden Dyasschichten (Conglomeraten des Rothliegenden, Zechstein mit seinen Salzen und Anhydriten) unzweifelhaft stattfindenden Discordanz. Wohl zu beachten ist indessen dabei, dass diese Discordanz nicht überall in gleichem Maasse vorhanden zu sein braucht, dass also die Möglichkeit eines Auffindens von Kohle an anderen Stellen, als an den erbohrten, keineswegs ausgeschlossen ist. Die Methode des Abbaues ist die mittels streichender und schwebender Strecken, nachdem man von verschiedenen Punkten (Sohlen), die man mit einem Schachte erreicht hat, durch Querschläge bis ans Flötz gelangt ist (das Flötz angefahren hat). Vom tieferen Querschlage führt man in der Richtung des Streichenden die Grundstrecke, die natürlicher Weise auch Hauptförderstrecke wird und für zwei Geleise einzurichten ist; rechtwinklig auf ihr stehen die schwebenden Strecken, der Neigung des Flötzes entlang (oder bei Fallwinkeln über etwa 12°, wie in Saarbrücken, diagonale Strecken), je 200 bis 250 Meter von einander entfernt, ebenfalls für zwei (Bremsberg-) Geleise und mit Nebenraum für Fahrung der Mannschaften, von denen aus man im Steichenden (also bei schwebenden Strecken rechtwinklig) in Abständen von 10 Metern ca. die Pfeilerstrecken oder oberen Oerter schlägt. Der schon oben angegebene Name „Pfeilerstrecken“ und der Name des „streichenden Pfeilerbaues“ für das ganze Verfahren rührt daher, dass man die rechtwinkligen (bei Diagonalbau schiefwinkligen) Vierecke von Kohle zwischen den beiderlei Strecken als „Pfeiler“ bezeichnet. Diese Pfeiler werden nun in der Weise weggeräumt und gefördert, dass man am obersten Orte beginnt, zwischen Hangendes und Liegendes eine Reihe von Stempeln (mit Kappen) und den (durch Nachreissen der Sohle gewonnenen) Versatz bringt, und allmählig von oben nach unten die einzelnen Pfeiler wegschafft. Wegen des Uebelstandes, dass nun weite, nur von der Zimmerung getragene — daher nach deren Faulen unfehlbar, aber zu einer nicht zu bestimmenden Zeit einstürzende — Hohlräume entstehen, bringt man die einzelnen Abschnitte nach vollendetem Abbau absichtlich zum Bruche, indem man die Zimmerung mit äusserster Vorsicht soweit entfernt (raubt) oder schwächt, dass das Dach einstürzt. Baut man in etwas verein-

fachter Weise (durch den Strebbau) von völlig durchgefahrenen schwebenden Strecken aus allmählig die Kohle ab, ohne besondere Pfeiler abzugrenzen, so geschieht dies ebenfalls von der oberen Grenze der Bauabtheilung nach der Grundstrecke (und dem Schachte) zu; man bringt ebenfalls das Dach in der nämlichen Reihenfolge nach und nach zu Bruche. Es kann hier nur im Vorübergehen darauf hingewiesen werden, eine wie grosse Störung jede erheblichere Verwerfung beim Abbau der Kohlenfelder verursachen muss, wie wichtig also die Thätigkeit des „Markscheiders" auch hier ist. Weniger wichtig sind die Gangausfüllungen ohne erhebliche Verwerfung, auch spätere Wegwaschungen; während wiederum das allmählige Abnehmen und endliche Aufhören der Flötze (an deren Stelle dann nicht selten in etwas verschiedenem Niveau sich ein anderes Flötz zeigt) in hohem Grade stört. Auf die sonstigen Hemmnisse — durch schlagende Wetter, die hier selbstredend häufig, durch Wasserandrang — kann nur hingewiesen werden.

Die deutschen Kohlenfelder, aus denen Steinkohlen jeder Art, von den schiefrigen und sonst verunreinigten, oft vor dem Gebrauche zu waschenden geringen Sorten bis zu den besten Back- und Schmiedekohlen, aber auch Sinterkohlen, als Stück-, Nuss- und Knorpelkohlen und Kohlenklein (nebst Staubkohle) gewonnen, aus letzterem auch unter Zusatz von Stein- oder Braunkohlenpech Briquettes und dergl. bereitet werden, haben eine Grösse von mehr als 300,000 Hectaren und theils eine grosse Zahl von Flötzen (bis über 100), wie namentlich in Rheinland-Saarbrücken, die dann jedes einzelne minder mächtig sind, meist nur 1—2 Meter, theils, wie namentlich in Sachsen, eine weit geringere Anzahl mächtiger, bis über 14 Meter messender Flötze [1]). Die deutschen Kohlen gehören zu einem gewissen Theile nicht der eigentlichen Kohlenformation an, indem die Kohlenflötze von Saarbrücken bis in das Niveau des Rothliegenden hinaufreichen, die ganze Kohle des Bückeburgischen, der Gegend von Minden, des Deisters und Osterwaldes aber der Wealdformation (s. S. 95) angehört. Die der eigentlichen Kohlenformation angehörigen Hauptfelder sind oben (S. 87 f.) aufgezählt; die wichtigsten finden sich in Westfalen (Ruhrgegend) und Rheinland (z. B. Aachen, Burtscheid), oft mit Kohleneisen und tief liegend, am Vorderrande des Erzgebirges, in Schlesien, Böhmen. Die alpinen Kohlen, zum Theil anthracitisch, sind ebenfalls bedeutend; auch die der östlicheren Gegenden der österreichischen Monarchie, zum Theil jüngeren Bildungen (Lias und Dyas, wie Fünfkirchen) angehörig, versprechen mehr und mehr Bedeutung zu erlangen. Belgien hat

1) Vergl. oben S. 88. Eine grosse Mächtigkeit und geringe Zahl der Flötze deutet wohl auf grosse Nähe des Strandes, kann aber nicht als Beweis binnenmeerischer Entstehung gelten.

ebensoviel Areal von Kohlenfeldern, wie Oesterreich (jedes etwa halb so viel als Deutschland); ersteres schliesst sich an die besten Distrikte Deutschlands an. Frankreich besitzt zwar viele kleine Becken, der Carbonformation angehörig, in der Auvergne, im Creuzot u. s. w., namentlich südlich von Lyon (das Becken von St. Etienne und Rive-de-Gier mit 600 Hectaren), auf dem Centralplateau und in dessen Umkreise, und ebenso in den Westalpen und in der Bretagne, indessen steht seine Production doch der deutschen nach. Ein Gleiches gilt (bis jetzt wenigstens) von Spanien, sowie von Indien, Sibirien, China, Hochasien, deren mannigfache Kohlenlager zum Theil noch nicht nach ihrem Alter genau bestimmt sind, zum Theil sicher als dem Flötzgebirge (Jura) angehörig nachgewiesen wurden. Unter allen Ländern ist Nordamerika entschieden am günstigsten situirt, nächstdem England, das mit seinen 1,600,000 Hectaren mächtiger Flötze der productiven Steinkohlenformation und mit Kohlen von bester Qualität den Handel in hohem Grade beherrscht. Bereits vor Jahren gab man die Production Grossbritanniens zu 35 Mill. Tonnen, also 700 Mill. Centner an. Ueberflügelt wird dieselbe mit der Zeit sicher von den Vereinsstaaten, denen England selbst einschliesslich der voraussichtlich noch erheblich steigenden Produktion in seinen überseeischen Besitzungen (ausser Indien Australien, der hohe Norden Amerikas u. s. w.) nicht gewachsen sein wird. Die amerikanischen Kohlenfelder werden auf 30 Mill. Hektaren geschätzt; sie liegen im nördlichen Becken (Pennsylvanien, Osten von Ohio, Westvirginien, Ost-Kentucky) westlich von den Apalachen mit einer Fortsetzung nach Alabama, im Ganzen über 63,000 (engl.) Quadratmeilen sich ausdehnend, im Mississippi-Becken (Illinois, Indiana, bis nach Kentucky), kaum kleiner, als das vorige, im erheblich kleineren Missouri-Becken, ferner im Michigan-Becken und in der kleinen Kohlenzone von Rhode Island und Massachusetts. Grösser ist wiederum das über die Grenze Neuschottlands hinausreichende Becken (angeblich 10,000 engl. Quadratmeilen, wovon über $^1/_4$ in Neuschottland, ein Vorkommen, dem sich noch die geologisch interessante Kohle von Cap Breton anschliesst). Alle diese Becken gehören der eigentlichen Steinkohlenformation, in verschiedenen ihrer Niveaus, an.

Die pennsylvanische Kohle, auch die von Rhode Island, gehört indessen grossentheils schon zu der vierten Art der Mineralkohle, dem nicht (oder nur sehr wenig) bituminösen Anthracit (Kohlenblende). Die Flötze, der Steinkohlenformation angehörig, lagern meist in 4 bis 15 Meter Mächtigkeit zwischen Schiefer und Sandstein. Die Gewinnung ist gleich der der Kohle und hatte schon vor ca. 30 Jahren in Nordamerika eine solche Höhe erreicht, dass man die jährliche Production auf mehr als 60 Mill. Centner schätzte, neben denen noch fast ebensoviel Steinkohlen gefördert wurden. Dass auch in den

Alpen die Kohle zum Theil anthracitisch ist, ward bereits bemerkt; namentlich gilt dies von den savoyischen Kohlenlagern.

Dass der Vorzug, den die nicht bituminöse Kohle zu vielen Zwecken vor der gewöhnlichen Steinkohle hat, verbunden mit der bei diesem Processe stattfindenden Entfernung des Schwefels, dem Verfahren des Verkohlens der Mineralkohle oder der Erzeugung von Coke in den letzten Jahrzehnten eine immer grössere Ausdehnung gegeben hat, bedarf hier nur der beiläufigen Erwähnung. Die moderne Eisenindustrie beruht in der That wesentlich auf der Verwendung des Coke, der denn auch in jährlich wachsenden Mengen namentlich aus der eigentlichen Steinkohle oder Schwarzkohle hergestellt wird[1]).

Eine Hauptverwendung der Kohlen und besonders wieder der letztgenannten Art und daneben der Braunkohlen ist die zu Beleuchtungsmaterialien. Die Kohlenwasserstoffe, welche als solche dienen, werden heutzutage in überwiegender Menge dem Mineralreiche entnommen; sie sind also neben der Kohle Gegenstand des hier besprochenen Zweiges des Bergbaues, sofern sie nicht gradezu aus der Kohle später künstlich hergestellt werden. Diese künstlichen Präparate sind unser Leuchtgas (der Theil desselben, den man Kohlengas nennt), das aus Braun- und Steinkohlen hergestellte Brennöl (Solaröl u. s. w.) und der Theil des Paraffins, welcher mit diesem Brennöle aus den Kohlen gewonnen wird. An diesen Stoffen besonders reich sind manche englische Kohlen (namentlich die früher viel angewandte Bogheadkohle), und ist besonders aus ihnen und aus der deutschen Braunkohle deren Herstellung bewirkt. Auch hat man bituminöse Schiefer (z. B. Liasschiefer in England und Würtemberg) vielfach in ähnlicher Weise zu Darstellung von Oel und andern Kohlenwasserstoffen benutzt; augenblicklich jedoch steht diese Art Industrie der directen, besonders der amerikanischen Oelgewinnung gegenüber etwas im Hintergrunde. Denn ausser in Kohlen und bituminösen Gesteinen kommen alle diese Stoffe — und einige andere brauchbare feste Kohlenwasserstoffe, unter denen namentlich Erdwachs anzuführen — natürlich vor. So steigt in Amerika in Verbindung mit Steinöl auch Leuchtgas auf, in Ungarn (aus bituminösem Schiefer von Szlatina), in China, in den Umgebungen des Kaspi-Sees, zu Zeiten auch in den

1) Die durch natürliche Ereignisse (vulkanische Hitze) verkokten Kohlen kommen zwar in Deutschland, z. B. dem Meissner, auch in geringerem Maasse auf anderen Punkten im mitteldeutschen Basaltdistrikte, in Westeuropa u. s. w. vor. Sie sind in vielen Einzelnheiten verschieden von den durch ganz allmählige Umwandlung vollständig verkohlten Anthraciten, wenn auch das Endresultat ein ähnliches ist. Uebrigens ist diese „Glanzkohle" schon wegen der geringen Ausdehnung ihres Vorkommens (höchstens ein paar Meter nächst den Basaltgängen) ohne Wichtigkeit.

englischen Kohlenwerken strömt ein Gas aus, das man als Mischung von Grubengas mit Aethylhydrür (C_2H_4 und C_2H_6) zu bezeichnen pflegt. Diese Ausströmungen werden häufig zu häuslichen und gelegentlich zu technischen Zwecken benutzt, indem man sie in Röhren leitet; minder ausgiebig und nachhaltig sind die in vulkanischen Distrikten auftretenden Gasausströmungen. Eine weit grössere Bedeutung haben die flüssigen Kohlenwasserstoffe, die man, wenn sie natürlich auftreten, Petroleum, Steinöl, Erdöl, Naphtha nennt. Alle diese Stoffe sind als eine Mineralart aufzufassen, die durch verschiedene Zusätze — von Asphalt oder Bitumen, von festen, in der Flüssigkeit aufgelösten Kohlenwasserstoffen — modificirt, leichter oder schwerer flüssig, heller oder dunkler sein kann, immer aber im Wesentlichen dasselbe Produkt darstellt, auch im Wesentlichen eine der vorigen analoge Mischung in verschiedenen Verhältnissen (von C_2H_6 bis zu $C_{16}H_{34}$) hat, stets um so brauchbarer, je heller und flüssiger sie ist. Die leichtest flüssigen, wasserhellen Abarten nennt man meist Naphtha, die sehr unreinen, dunklen Bergtheer, mit welchem Namen indessen auch mit Oel gemengter, daher nicht fester Asphalt belegt wird. Petroleumquellen kommen in verschiedenen Bildungen vor, sind aber fast immer — und ihrer ersten Entstehung nach wohl immer — an Kohlebildungen gebunden. Diejenigen, welche man am längsten kennt, hängen mit tertiärer Braunkohle zusammen; es sind die reichen Quellen im Umkreise und auf den Inseln des Kaspischen Meeres (schon als Stätte natürlicher Gasquellen genannt), welche an manchen Stellen in sehr naturwüchsigen Vorrichtungen (viereckigen Gruben, aus denen man das Oel in Röhren ausschöpft und in die man es auch entweder pumpt oder leitet) grosse Mengen, an manchen solcher Oerter über 100,000 Centner per Jahr lieferten. In neuerer Zeit hat man die Industrie erheblich vermehrt, das Petrol zu exportiren und zu Erleichterung des Transportes Eisenbahnen zu bauen begonnen, auch dasselbe zu Heizzwecken (für Locomotiven und Schiffsmaschinen, zu deren Heizung ein Sprühregen hergestellt und verbrannt wird) anzuwenden gelernt. Einen ebenfalls tertiären Ursprung hat das Petroleum von Trinidad, das mit Braunkohlen, aber auch mit dem dortigen Asphalt gleichen Ursprung haben dürfte. Vermuthlich gilt ein Gleiches von dem birmanischen Bergöl vom Rangoon, einem der Nebenflüsse des Irawaddi, das in etwa 500 Quellen zu jährlich mehr als 400,000 Oxhoft gewonnen wird, sowie von dem spanischen, italienischen (besonders bei Amiano unweit Parma quellenden), türkischen und dem alpinen Petroleum. Wesentlich älteren (auf die Wealdzeit zurückzuführenden) Ursprungs ist das norddeutsche, übrigens im Welthandel durchaus nicht in Betracht kommende Petroleum, das sich in Erdlöchern über jurassischen Thonen (und unter Thonschichten der älteren Kreide) anzusammeln pflegt (an den Elbmündungen, wo man

freilich einen anderen, noch älteren Ursprung hat behaupten wollen, zwischen Hannover und Braunschweig; vergl. bei Asphalt, der hier viel wichtiger ist). Noch viel älter aber ist das amerikanische Petroleum, welches augenblicklich für den Markt allein maassgebend ist, und in (ober-) devonischem Sandsteine theils aus Spalten aussickernd, theils aus tiefer — wenn auch meist nicht tiefer als etwa 80 Meter, höchstens doppelt so tief — gebohrten Löchern, den Petroleumquellen ausfliesst. Der Oeldistrikt ist im Ganzen ein sehr grosser, den Alleghany-Bergen entlang vom Ontariosee bis nach Virginien sich in etwa der gleichen Grösse, wie das pennsylvanische Kohlenbecken, ausdehnend. Doch sind in dem mit sehr flach geneigten, fast söhligen Schichten ausgestatteten Boden doch immer gewisse Tiefenlinien bevorzugt, welchen man sehr eifrig nachgeht, und deren oft mehrfache Verzweigungen auf den Karten möglichst genau angegeben werden. Die Hauptquellen concentriren sich in diesen Linien; die besten liegen in Pennsylvanien, wo auch schon in früheren Zeiten, ja von den Indianern, Steinöl (Seneca-Oel) gesammelt wurde, doch liefern nicht minder die Staaten Newyork, Kentucky, Virginien, Ohio gute Quellen, deren täglicher Ertrag pro Quelle oft auf 500 Barrels (Fässer à 150 Liter ca.) steigt. Doch ist stets zu beachten, dass die Quellen im Anfange, wo auch die Gasausströmungen am reichlichsten sind, einen stärkeren Ertrag geben, indem eines Theils die angestauete Menge anfänglich mit abfliesst, andern Theils die Zahl der Quellen in den einzelnen Districten oft sehr rasch vermehrt wird, und jede neue Quelle die Menge der benachbarten älteren etwas ermässigen muss. Man hat daher auch nicht mit Unrecht, wenngleich oft in übertriebener Weise, ein allmähliges Aufhören der amerikanischen Oellieferungen prophezeit. Dass nur ein sehr langsames Nachlassen zu erwarten, möchte die St. Catharinenquelle bei Edinburg, aus untercarbonischem Schiefer entspringend, beweisen, die zu Anfang des 15. Jahrhunderts erwähnt wird und immer noch, wenn auch wenig, doch regelmässig Oel von dunkelbrauner Farbe, auf Wasser schwimmend, liefert. Bis jetzt hat seit Eröffnung der Oelquellen im Jahre 1859 kein wesentlicher Nachlass sich gezeigt; was für einen solchen ausgegeben wurde, scheint vor der Hand nur Folge von Speculation zu sein. Die Anlagen der Röhrenleitungen u. s. w., zum Theil für ganze Distrikte, sowie die Raffinirindustrie, durch welche unter etwa 25 Procent Verlust an Menge aus dem rohen Oel ein gutes Brennöl erzielt wird, sind gleich grossartig, wie die Produktion selbst. Das Alter des Oeles (s. oben) von Vielen für gleichzeitig mit der unteren Steinkohle gehalten, und möchte unter Anderem auch die fast gleiche Ausdehnung des Kohlen- und Oeldistrictes und die theilweise Ausbreitung der Quellen auf Gesteine der Kohlenformation dafür sprechen, die Infiltration des Oels in den unterliegenden Sandstein aber ohne

20*

Schwierigkeit angenommen werden können. In Canada, wo die ölführenden Schichten theils dem Devon, theils dem Silur angehören, ist die Entstehungszeit minder genau zu präcisiren, jedenfalls nicht jünger. Auch hier werden erhebliche Beiträge zu der — im Ganzen auf viele Millionen Barrels pro Jahr sich belaufenden, genau schwer zu berechnenden — Produktion von Petroleum geliefert, das im Ganzen als eine der besten Errungenschaften der Neuzeit anzusehen sein dürfte und vielen Millionen von Menschen ein billiges und dabei ausgezeichnetes Licht liefert.

Weit weniger bedeutend, wenn auch für den Fabrikanten immer gewinnbringend, ist die Erzeugung der festen Leuchtmaterialien aus den Mineralien. Hier ist die Concurrenz nicht fossiler organischer (insbesondere thierischer) Stoffe noch nicht in dem Maasse überflügelt, wie dies seitens des Mineralöls mit den Pflanzenölen geschehen ist. Die beiden in Betracht kommenden Formen, die übrigens sehr nahe verwandt sind (so dass man die erste auch aus der zweiten, nicht aber umgekehrt, darstellen kann), sind Paraffin und Erdwachs. Das Paraffin, in fast allen flüssigen Kohlenwasserstoffen, daher auch in vielen Kohlen, sowie bituminösen Schiefern [1]), in gewissen, wenn auch geringen Mengen enthalten und in unreinem Zustande in einzelnen Schichten (Schweelkohleschichten) der Braunkohle Mittel- und Norddeutschlands, besonders bei Weissenfels unweit Halle, auch als Mineral (Pyropissit) vorkommend, wird vorzüglich in England, ferner in Halle und an anderen Orten zu Kerzen verarbeitet, welche den Stearinkerzen ähneln, ein sehr schönes, transparentes Anseln haben, allein, selbst abgesehen vom bituminösen Geruche und dem allzu niedrigen Schmelzpunkte, im Uebrigen nicht grade vorzügliche Eigenschaften besitzen. Das Erdwachs ist an Qualität dem Bienenwachse viel ähnlicher und hat, da die Fundorte — hauptsächlich sind Galizien (Boryslaw) und die Moldau (Slanik) für den Handel wichtig; doch werden sich einzelne Punkte der Umgegend des Kaspischen Meeres möglicher Weise noch hinzugesellen — eine stärkere Ausbeutung zulassen dürften [2]), zweifelsohne eine gute Zukunft.

Hinsichtlich des Asphaltes, zu dem auch die sogenannte Albert-Kohle in Canada zu rechnen, und der sich überhaupt mineralogisch

1) Auch im Torfe, aus welchem man in der That in Irland Paraffin zu gewinnen angefangen, aber wegen des Kostenpunktes bald aufgegeben hat. Der Gehalt des Petroleums an Paraffin ist gering, wie aber auch, da dasselbe aus den Kohlen ausgepresst ist, ganz erklärlich. Jedenfalls möchte es nicht völlig gerechtfertigt sein, wegen des fast gänzlichen Mangel desselben im Petroleum diesem einen (theilweise) pflanzlichen Ursprung abzusprechen.

2) Wenigstens ist dies von der Moldau mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, während bis jetzt Galizien den Handel beherrscht.

hier sehr nahe anschliesst, ist wegen seiner gänzlich verschiedenen Verwendung im vorigen Kapitel die Rede gewesen.

Das dritte Hauptobjekt des Bergbaues, das **Salz**, kommt als Steinsalz und in gelöstem Zustande in natürlichen Soolquellen zur Verwendung. Nur lokale Bedeutung hat die Herstellung von Salz aus dem Meerwasser und die (immer noch erheblich wichtigere) aus Salzseen. Die Meeressalinen, welche in Istrien, Dalmatien, an der Rhonemündung, in Holland, in Süditalien und auf den italienischen Inseln, auch in Norwegen im Gange sind und früher noch in höherem Grade waren, finden sich nur in salzreichem Wasser, namentlich am Mittelmeere, wo zugleich die Verdunstung stark ist. Man leitet Wasser in Gruben (an den österreichisch-adriatischen Küsten in förmlich abgedämmte und abgetheilte Buchten) ab, bringt die eingedickte Lösung von Seesalz in flache Kasten, auf die niedergeschlagene Salzmasse wieder concentrirtes Wasser, und setzt dies bis zur Erzeugung einer dicken Salzkruste ab. Dieses Salz wird dann in Haufen geschüttet und dem Einflusse der Luft überlassen, welche durch ihre Feuchtigkeit das Zerfliessen der Bittersalze, Kalisalze u. s. w. bewirkt und den etwa $^3/_4$ der ganzen Salzmasse (also etwa 3 Proc. der Wassermenge im Mittelmeer, $2^1/_2$ im atlantischen Meere) betragenden Chlornatriumgehalt ziemlich rein herstellt. In Holland gradirt man, wie bei den Soolquellen; in Norwegen, wo die oberflächlichen Wasserschichten an der Küste durch den reichlichen Zufluss an Süsswasser durchgängig etwas salzarm sind, pumpt man das zur Salzgewinnung bestimmte Wasser aus der Tiefe auf. Den Uebergang zu den Salzseen bildet das — sonst sehr schwach gesalzene — Kaspische Meer, da hier die eine östliche Bucht einen weit stärkeren, zur Salzgewinnung benutzten Salzgehalt besitzt. Die Binnenseen im Umkreise desselben Binnenmeeres, z. B. der Eltonsee in der Kirgisensteppe (östlich der unteren Wolga), der jährlich mehrere Millionen Pud (à 16 Kilo circa) guten Salzes liefert, sind ausserordentlich stark gesalzen, der Eltonsee z. B. hat 25 Procente Salze, von denen freilich Chlornatrium nur etwas mehr als die Hälfte (13 Proc.) ausmacht; der See von Indersk hat fast 24 Proc. Chlornatrium, andere südrussische Seen 14—22 Procente desselben, wobei die Mengen der übrigen Salze mit dem Zunehmen des Chlornatriumgehaltes geringer werden. An die Ausbeutung der Salzseen schliesst sich die in ganz einfacher Weise unter Zerschlagen des Salzes mit Holzhämmer ausgeführte, besonders in Südamerika, in dessen grossen Salinas bei Iquiqué und in der Wüste Atacama, auf der Hochebene von Turamugal u. s. w. in grösserem Massstab betriebene Verwerthung der Salzlager (des Wüsten- und Steppensalzes) und an diese wieder die Ausbeutung der ähnlichen Lager anderer Salze an. Unter diesen sind das kohlensaure Natron (besonders als Trona in Aegypten, in Sukena bei Fezzan, Ostindien,

in der Lagunilla von Neugranada, wo es Urao genannt wird, aus 38 Proc. Natron, 40 Kohlensäure und 22 Wasser, nicht verwitternd; aber auch als verwitterndes, wasserreicheres, 63 Wasser auf $21^3/_4$ Natron und $15^1/_4$ Kohlensäure enthaltendes gemeines Natron, in Ungarn, Sibirien, Persien, Aegypten, Mexiko) und der Natronsalpeter hervorzuheben, letzterer in grossen Massen aus Südamerika importirt. Der Kalisalpeter, der theils aus salpeterhaltigen Quellen und durch eine Auslaugung des salpeterhaltigen Bodens in Ungarn (am Neusiedler See, bei Stuhlweissenburg, Debreczin) und am Ganges, theils aus den Anhäufungen in Salpeterhöhlen (von Thieren reichlich bewohnten, von ihren Excrementen erfüllten Höhlen in China, Ceylon, Kentucky u. s. w.) gewonnen wird, wird seit der Einführung des Natronsalpeters wesentlich aus diesem erst künstlich hergestellt. Dagegen basirt sich auf den Borax (Tinkal von Tibet, China und Indien, der nur gereinigt zu werden braucht) und auf die aus den heissen Quellen (Soffioni, Lagoni) von Toscana dargestellte, mit Natron zu Borax verarbeitete Borsäure (Sassolin) eine eigene Industrie, die sich indessen gleich allen genannten Nebenindustrien mit der des Salzes — eines unentbehrlichen Nahrungsmittels — nicht entfernt messen kann.

Die Salzquellen, schon seit uralter Zeit direkt und zur Darstellung des festen Salzes durch Eindampfen benutzt, wurden bei dem immer grösseren Werthe, welchen das Brennmaterial erreichte, erst durch die weit spätere Einführung der Gradirwerke wieder lebensfähig, haben aber mit Hülfe derselben sich namentlich in Deutschland neben den weit wichtigeren Steinsalzlagern immer noch behauptet. Die schwachen Soolen werden bei wärmerer Witterung (bei uns 200 bis 260 Tage) auf 7—10 Meter hohe, mauerähnliche, $1^1/_4$ bis $1^3/_4$ Meter breite, oft 100^m und darüber lange Gerüste aus Dornzweigen (Dorngradirhäuser) gegossen, immer nur an der Seite, von welcher der Wind kommt, mag zum Auffangen der abgewehten Theile eine besondere Dornwand oder nur die Hälfte einer solchen Wand benutzt werden. Durch dies Gradiren, das zugleich den meisten Gyps, als Dornstein, an den Dornästen zurückbehält, kann man die Soolen auf 15 bis 26 Procent (gewöhnlich auf 18 bis 22 Procent) Gehalt bringen und nun mit weit geringerem Aufwande an Brennmaterial eindicken, zunächst bis zu vollständiger Sättigung (unter Entfernung des Schaums und Schlamms, den namentlich die gradirten Soolen liefern), dann, meist in anderen Pfannen, unter Ausheben des auskrystallisirten Salzes. Letzterer Theil der Arbeit ist das Soggen, ersterer das Stören, beide selbstverständlich für die aus Steinsalz hergestellten concentrirten Salzlösungen ganz die nämlichen. Hinsichtlich der Entstehung des Salzgehaltes aus den Salzlagern ist schon oben das Nöthige bemerkt.

Die Salzlager werden in derselben Weise erschürft und namentlich erbohrt, wie die übrigen Lager nutzbarer Mineralien. Auch hier

werden oft schon ziemlich tiefe Bohrungen angewandt, wenn auch die tiefsten derselben nicht den Zweck haben können, das minder werthvolle Salz aufzufinden. So war namentlich das schon erwähnte Sperenberger Bohrloch, obwohl es von etwa 80 Meter bis zur Sohle (circa 1300 Meter) hinab nur im Steinsalz sich bewegte, durchaus nicht für dessen Erbohrung, sondern vielmehr zur Constatirung der Lage der etwa aufzufindenden Steinkohlenbildungen bestimmt. Immer erreichen die bergmännischen Arbeiten auf Salz eine ansehnliche Tiefe, so z. B. in Stassfurt die von etwa 400 Metern; fast ebenso grosse Tiefe erreichen die Bergwerke des Salzkammergutes (Hallstadt u. s. w.) und in Galizien (Wieliczka). Die Ablagerungen sind in ihren Einzelheiten nirgend besser erforscht, als in den genannten Bergwerken, von welchen Stassfurt[1]) insbesondere neben dem Steinsalze die reichste Ausbeute an den Abraumsalzen in der (S. 90 und 91 angegebenen) Reihenfolge hat, mit Schnüren von Anhydrit, Lagen von Glauberit, sowie mit manchen nicht uninteressanten Mineralvorkommnissen, die indessen die Wichtigkeit jener Abraumsalse nie erreichen. Diese besitzen, wenn sie auch gleich den oben genannten Salzen der oberflächlichen Salzablagerungen Afrikas und Südamerikas die Bedeutung des Chlornatriums für den Haushalt der Natur und den Weltverkehr keineswegs haben, gleichwohl einen höheren Handelswerth als das Steinsalz selbst, daher auf sie in ganz besonders hohem Grade die Aufmerksamkeit der Salinenverwaltungen gerichtet sind. So hat man die Abwesenheit des Bohrmehles beim Bohren in gleichwohl festem Gestein, ein sicheres Anzeichen, dass dieses Gestein aus zerfliessenden Salzen besteht, überall mit lebhaftester Freude begrüsst. Bis jetzt hat jedoch kein Fundpunkt die in der Stassfurter Gegend (in der sogenannten Mulde von Westeregeln) an Ergiebigkeit erreicht. Wieliczka und Bochnia besitzen sie nicht; da nun aber vor etwa zwölf Jahren in Kalusz Chlorkalium (Sylvin) in nicht unbedeutenden Mengen gefunden ward — es ist seither auch ausgebeutet —, so liess man sich in Wieliczka zu einem leichtsinnigen Verfahren verleiten, Kalisalze im Hangenden der Chlornatriumlager zu finden, das die bekannte Katastrophe[2]), das Einstürzen von Wasser aus überlagernden, Wasser führenden Schichten in das ganze Bergwerk, herbeiführte. Fig. 68 veranschaulicht die Verhältnisse, welche dabei stattfanden. Ganz richtiger Weise ging man zunächst in einem der Haupthorizonte (*B*) in der Richtung des Hangenden vor; statt indessen an der Grenze des Salzthons und Tegels stehen zu bleiben, von welcher nach aufwärts man keinenfalls Salze erwarten konnte, durchfuhr man den un-

---

1) Monographisch dargestellt von Bischof, Ochsenius.
2) Vom Spätjahr 1867. Die neuerliche Katastrophe in Bochnia war dagegen durch Grubenbrand veranlasst.

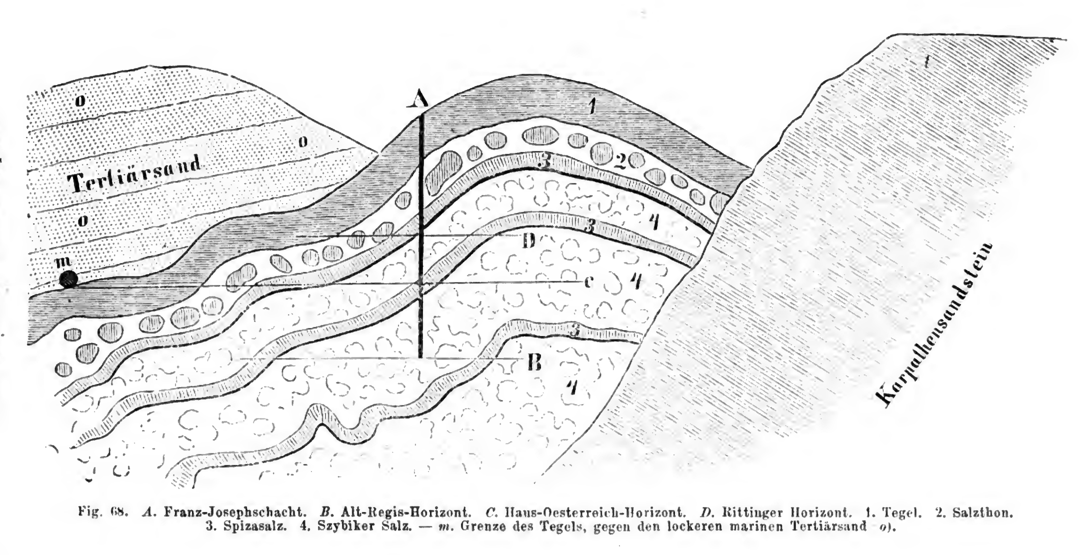


Fig. 68. *A.* Franz-Josephschacht. *B.* Alt-Regis-Horizont. *C.* Haus-Oesterreich-Horizont. *D.* Rittinger Horizont. 1. Tegel. 2. Salzthon. 3. Spizasalz. 4. Szybiker Salz. — *m.* Grenze des Tegels, gegen den lockeren marinen Tertiärsand *o*).

durchlässigen Tegel noch auf 50 Klafter (fast 100 Meter) Meter, worauf (von *m* der Abbildung aus) das Wasser, das durch mitgerissenen Sand seine Herkunft zweifellos verrieth, in einer höchst schädlichen Quantität einbrach; nur der kolossalen Ausdehnung des Bergwerkes und dem Vorhandensein langer Strecken in den wenig benutzten tieferen Horizonten (*B* und *C*, namentlich *B*), ist die Fortsetzung des Betriebes zu danken, wobei man freilich alle Salzabfälle, die sogenannten Minutien, opfern musste. Man liess das Wasser zunächst in diese tieferen Theile des Werkes, um es später nach geschehener wirksamer Verdämmung allmählig zu bewältigen. Die Qualität des nordkarpathischen Salzes ist theilweise (Szybikersalz) eine treffliche, während andere Lagen (Spizasalz und mehr noch das grüne Salz im Salzthon) mehrfach verunreinigt sind. Die Förderung, welche bei der Mächtigkeit und Trockenheit der Stöcke gewöhnlich keine besonderen Schwierigkeiten bietet, geschieht fast nur bei reinerem Steinsalze in Massen; sonst lässt man das Salz durch Wasser, das man in streichenden Strecken (Werken) staut, auflösen (z. B. im Salzthone des „Haselgebirges" in Tyrol u. s. w., aber auch in vielen der Gruben des Salzkammergutes und in manchen anderen deutschen Werken) und nennt diese Vorrichtungen Sinkwerke. Der Totalverbrauch an Salz ist ein kolossaler; man schätzte ihn in Europa früher auf über 30 Mill. Centner pro Jahr, in der That aber beträgt er jetzt mehr als das Dreifache. Grossbritannien anlangend, mit seinen, dem Buntsandstein angehörigen Salzstöcken von Cheshire und Worcester (Irland kommt mit einer Kleinigkeit hinzu), producirt hiervon 26 Mill. Centner (über 20 Mill. Cheshire allein). Auf Frankreich fallen etwa 15, auf Russland 12, auf Deutschland wohl nicht unter 13 Millionen (meist den auch in Russland eine Rolle spielenden Dyassalzstöcken, den Muschelkalkstöcken und den alpinen Stöcken der oberen Trias zuzuzählen, vergl. oben, besonders S. 92 und 93); Oesterreich liefert im Ganzen etwa 9 Mill., ein Quantum, das nach Eröffnung besserer Gewinnung in den Tertiärlagern der Südkarpathen Ungarns und namentlich in Siebenbürgen noch erheblich vermehrt werden dürfte. Im Uebrigen produciren die südeuropäischen Länder ziemlich viel Salz (Portugal 5, Spanien 8, theils in frühtertiären Schichten Catalonien, z. B. Cardona, theils angeblich in Kreideschichten bei Cordova, Italien 7, Rumänien $1\frac{1}{2}$, die Türkei 1, Griechenland $\frac{1}{3}$ Mill. Centner pro Jahr); auch die Schweiz ist mit $\frac{1}{2}$ Mill. Centner jährlich nicht schlecht situirt, desto schlechter der skandinavische Norden, der auf fortwährenden Import angewiesen ist. In Amerika liefern die Salzlachen um den Utah-See (grosser Salzsee), besonders aber Salzquellen (Salina, Onondaga, auch weiter westlich, in Ohio u. s. w.) nicht unbedeutende Quantitäten.

Drittes Kapitel.

Specielle Industriezweige.

Unter dieser Rubrik sollen alle kleineren, in beschränkterem Umkreise betriebenen Industrien zusammengefasst werden, welche direkt auf Mineralvorkommnissen beruhen und daher die Geologie als wesentliche Grundlage bedürfen. Von ihnen knüpft sich an die Gewinnung des Kochsalzes und der neben demselben bereits angeführten technisch wichtigen Salze zunächst die Gewinnung und Verarbeitung mancher ähnlicher Stoffe, die zum grossen Theile auch als Mineraldüngmittel dienen, allgemein aber in den chemischen Fabriken Ursprungs- oder Verwerthungsstätte finden. Die Salmiakindustrie beruht nicht auf dem natürlichen Vorkommen desselben in Vulkanen und auf brennenden Kohlenflötzen in deren Klüften und Rissen, ohne Zweifel, weil ein geregelter Bezug des Materials nicht garantirt ist. Man bereitet daher den käuflichen Salmiak, sowie das Ammoniumsulfat, wenn auch oft gleichzeitig mit Salz in Salinen, künstlich aus organischen Abfallstoffen. Das Vorkommen kohlensauren Ammoniaks ist wesentlich auf die Guanolager (s. u.) beschränkt. Die Alaunerzeugung beruht jedoch wesentlich auf dem Vorkommen der Alaunerze. Von ihnen enthält der Alaunstein oder Alunit, hydratisches, basisch schwefelsaures Kalium-Aluminium, alle Bestandtheile des Alauns; er wird in Mittelitalien (la Tolfa, Montioni, Campiglia), Ungarn (Bereghsasz u. s. w.), auch auf Milo und in Centralfrankreich gewonnen und namentlich an ersten beiden Orten verarbeitet. Ausserdem aber werden Alaunerden, Alaunschiefer (z. B. oberliasische englische, ältere, paläozoïsche in Norwegen), Braunkohlenschiefer auf Alaun verarbeitet, indem man die Eisenkiese in ihnen an der Luft oder bei langsamem Feuer oxydirt und so Sulfate bildet. Diese zieht man mit Wasser aus u. s. w. Die Industrie wird in Whitby (Yorkshire) und bei Glasgow, auch bei Manchester schwunghaft betrieben und gegen einen ziemlich starken Export werden nur wenige tausend Tonnen von reinerem, römischem Alaun in England eingeführt. Die eigentlich technisch wichtigen Alaune sind Kalialaun und Ammoniakalaun, welche in der Technik, besonders in der Färberei und Druckerei als Beize zur Fixirung von Farben, aber auch zum Weissgerben, zum Herstellen unverbrennlicher Stoffe (durch Imprägniren der Leinwand u. s. w. mit Alaunlösung) u. dergl. m. Anwendung finden.

Die Schwefelsäurebereitung berührt sich mit der letztgenannten Art der Alaunherstellung; sie besteht nach dem neuen Verfahren

in completer Oxydation von Schwefel mit Hülfe von einem kleinen Quantum Salpetersäure, das immerfort wirkt, in besonderen aus Blei hergestellten Räumen (Bleikammern). Das beste Schwefelerz ist dabei der gediegene Schwefel, der besonders in Sicilien und zwar aus den dortigen tertiären Gypsen gewonnen wird, wie denn überhaupt das wesentlichste Vorkommen des Schwefels das im Gypse, nicht das in vulkanischen Bildungen ist. Doch wird auch in der Solfatara bei Neapel Schwefel gewonnen. Der übrige (aus der Romagna, in verschiedenen Theilen Oesterreichs, in Spanien u. s. w. stammende) ist fast ausnahmslos sedimentärer Schwefel. Weniger bedeutend sind die künstlich aus Erzen durch Sublimation hergestellten Mengen von Schwefel, obwohl man nicht in Abrede stellen kann, dass die Gewinnung eine viel grössere sein könnte und in stetem Wachsen begriffen ist. Auf dieselbe Weise wie den Schwefel kann man den Schwefelkies benutzen, der in manchen Ablagerungen in einzelnen Schichten, Mergeln und Thonen, z. B. im oberen Lias Norddeutschlands, ziemlich gehäuft vorkommt und hie und da in Knollen ziemlich rein gewonnen werden kann. Der Gehalt an Schwefel ist grade beim Doppelschwefeleisen ziemlich hoch, etwa 50 Procent, so dass nur das doppelte Gewicht vom Schwefelkies nöthig ist im Vergleich mit dem des gediegenen Schwefels. Der Rückstand, der sich in diesem Falle bildet, ist unreines, ziemlich dunkelbraunes Eisenoxyd, das als eine auf Metallflächen, z. B. Zinkblech, gut haftende Farbe zu Grundirungen benutzt wird, das sogenannte Caput mortuum. Ebenso stellt man auch als Nebenprodukt der Metallverhüttungen direkt Schwefelsäure dar (Harzer Hütten u. s. w.). Die Totalproduktion von Schwefel, der ausser zur Herstellung der Säure auch zur Pulverfabrikation, zur Herstellung verschiedener Zündmittel, zum Schwefeln, zur Darstellung des künstlichen Zinnobers u. s. w. benutzt wird, beruht immer noch in so vorwiegendem Grade auf Sicilien, dass von den 380 Mill. Kilo in Europa pro Jahr etwa verbrauchten Schwefels 360 Mill. Kilo dort ihren Ursprung haben; von dem Rest liefert Deutschland (an künstlichem Schwefel) fast die Hälfte.

Der Cölestin, aus welchem man ebenso wie aus dem nur in Argyleshire (Schottland) in grösseren Mengen auftretenden Strontianit das zur Herstellung des rothen Feuers dienende Strontiumnitrat herstellt, ist auch in Deutschland in der Muschelkalkformation hie und da auf Schichtflächen und in Drusen (bei der Dornburg unweit Jena, in Rüdersdorf bei Berlin) gelegentlich gewonnen, ausserdem im Buntsandstein Englands (Bristol u. s. w.), in Nordamerika [1]). Im Grossen und Ganzen ist seine Gewinnung eine weit eingeschränktere, als die des meist in Gängen von der Mächtigkeit einiger Centimeter bis zu

1) Uebrigens auch mit dem Gypse in Sicilien, Spanien.

der von fast einem Meter in älteren Formationen der österreichischen Alpen, am Harz, in Thüringen und Sachsen, an vielen Punkten Südwestdeutschlands und Englands auftretenden Schwerspathes, der als Verfälschungsmittel (Beschwerungsmittel) vieler Fabrikate — und leider trotz der giftigen Eigenschaften der löslichen Barytverbindungen selbst der Nahrungsmittel, des Mehles — eine traurige Berühmtheit erlangt hat. Am harmlosesten ist noch der Zusatz von Schwerspath zu weissen Metallfarben, welchen er manchmal besondere Farbennüancen verleiht. Die Barytindustrie, dort fast zur Hälfte auf das Vorkommen des Carbonates (Witherites) neben dem des Sulfates basirt, ist nicht minder durch Englands Westen und Norden verbreitet, und gelangen daselbst über 180000 Centner im Werthe von mehr als 200000 Mark pro Jahr in den Handel, eine Quantität, die durch die reellen Verbrauchsweisen (neben der zu Farbematerial zu Grünfeuer, das mit dem Nitrate hergestellt wird, zur Glasfabrikation, auch zum Zuckerraffiniren) wohl schwerlich allein in Anspruch genommen wird.

Ein besonderer Zweig der Industrie ist mit Recht die Gewinnung und Fabrikation von Mineralstoffen geworden, welche dem Boden zugesetzt werden, um dessen Ertragsfähigkeit möglichst zu steigern oder doch möglichst lange zu erhalten. Die Wirksamkeit dieser „Mineraldünger“ wird allerdings erst aus den im folgenden Kapitel anzustellenden Betrachtungen erhellen; indessen reiht sich die Gewinnung dieser Stoffe am besten hier an, wie ja schon viele derselben — die salinen Düngmittel — im vorigen und in diesem Kapitel erwähnt worden sind. Ausser denselben kommen 1) die kohlehaltigen Mineraldünger in Betracht, weniger wegen der Kohle, als wegen der sie begleitenden Aschentheile und besonders der Ammoniaksalze und der Salpetersäureverbindungen. Häufig brennt man daher auch diese kohligen Zusätze zu Asche, insbesondere den wirklichen Torf, da die Torfsäure an sich störend auf die Vegetation wirken würde. Poröse Kohlenschlacken, Kohlenasche, Russ und dergl. finden nicht minder Verwendung, namentlich dann, wenn man sie in feinem Pulver ohne Weiteres aufstreuen kann. 2) Die kalkhaltigen Mineraldünger sind unstreitig die wichtigsten von allen. Schon die weichen, an der Luft zerfallenden Mergel geben unter gewissen Bedingungen einen werthvollen Zusatz zum Boden ab; man zieht solche mit 40 bis 50 Procenten Kalkgehalt vor, da reichere schlechter verwittern, ärmere dem Boden nicht genug Kalk und zu viel andere Bestandtheile (deren Vorherrschen man oft grade beseitigen will, wie z. B. Thon) enthalten. Die Kreide wird indessen in England auf Thonboden in ähnlicher Weise verwandt. Die Art der Gewinnung aller dieser Stoffe unterscheidet sich nicht von den sonstigen Bruchearbeiten. Der vielen Mergeln eigene Zusatz von organischer Substanz (meist

wohl schon Nitratein umgewandelt) und von gewissen Mineralien (Grünsandmergel von Bünde, vergl. oben S. 38, Muschelsande, tangue und maerl, der französischen Küste) trägt manchmal wesentlich zu der oft sehr bedeutenden Wirksamkeit des „Mergels" bei. Der Gyps, der in der Form, wie ihn die Oefen liefern, dem Dünger zugesetzt oder besser einfach gepulvert zu 2—3 Centner pro engl. Acre oder 300 bis 350 Kilo pro Hectare auf Wiesen, in noch grösseren Mengen auf Aecker gestreut wird und in Verbindung mit Ammoniak den Boden für Hülsenfrüchte und Kleefutter, auch Lein und Hanf, besonders geeignet macht, ist eins der am längsten im Gebrauche befindlichen Mineraldüngmittels. Da es in diesem Falle nicht auf chemische Anziehung von Wasser, sondern nur auf die Löslichkeit in demselben ankommt, so findet ein wesentlicher Unterschied des Anhydrites und des todtgebrannten Gypses beim Düngen nicht statt. An dieses Gypsen schliesst sich die Anwendung des gebrannten Kalkes, der selbstredend einen etwa vorhandenen Pflanzenwuchs zerstören würde, aber theils wegen seiner aufschliessenden Einwirkung auf Silikate (Thon), theils wegen seiner besonders feinen Vertheilung die Mergel an Düngkraft übertrifft. Von allen Kalkverbindungen steht jedoch das Phosphat, der (oben S. 27 f. besprochene) Phosphorit obenan. Die Gewinnung der Knollen dieses Minerals aus den sie enthaltenden Schichten wird in Deutschland, Frankreich und England in ziemlich grossem Maassstabe betrieben. In ersterem Lande ist besonders Nassau wichtig, wo devonische Lagen solcher Phosphorite auftreten. In Frankreich sind es die Ardennen, wo man die Knollen Coquins nennt und wo sie in geringer Entfernung, meist 1—2 Meter unter der Erdoberfläche, z. B. bei Grand-Pré, Schichten von 8 bis 15 Centimeter Mächtigkeit fällen. Man legt kleine Gruben an, die man weiter ausdehnt und allmählig mit den Abkummerungsmassen auffüllt, welche aus der Fortsetzung der Arbeiten sich ergeben. Die Knollen werden gewaschen und gemahlen. Dem älteren Gebirge, in Sonderheit dem Devon, entstammen ferner die russischen Phosphorite; doch sind ziemlich bedeutende Massen von letzteren auch in Diluvialschichten geschwemmt. Diese finden wohl immer nur gelegentliche Verwendung; ebenso ist ein tertiäres Vorkommen im Auvergner Becken (im Quercy) nicht von weittragender Bedeutung. Bis jetzt ist die Kreideformation und namentlich die Abtheilung des Gault am einträglichsten; ihre Phosphorite werden in Südengland, bei Folkestone, stark in Anspruch genommen, wo man oft 80—100 Pfund Sterling pro Acre für das Recht der Gewinnung zahlt, mitunter aber das Vierfache. Man nennt sie hier, wo sie mit Knochenresten und dergl. vielfach gemischt sind, Cops, abgekürzt von Coprolithen; sie haben einen Gehalt an Phosphat von etwa 61 Proc. und werden in einer jährlichen Menge von 700000 Centner im Werthe von circa

1 Mill. Mark ziemlich weit hin exportirt. Das Lager dehnt sich auf französischen Boden aus, wie auch zwei andere, etwas höher in der Kreideformation befindliche Lager Anklänge auf dem Festlande zeigen[1]. Einen gewissen Beitrag zu dem Ertrage liefert indessen der jungtertiäre Crag, wie denn auch die Tertiärbildungen Nordamerikas, Neu Jerseys, Georgias, Carolinas, eine ausgedehnte Anwendung finden. Endlich treten noch in der südländischen Kreide, z. B. im Departement der Seealpen in Frankreich, in Estremadura, auch in der böhmischen Kreide, Phosphoritknollenschichten auf, welche indessen nicht in näherer Beziehung zu den wichtigeren englischen Ablagerungen derselben Art stehen. Der Sombrerit oder Sombreroguano schliesst sich sehr eng an den Apatit und Phosphorit an; er hat seinen Namen von einer nur $2\frac{1}{2}$ engl. Meilen langen, $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ engl. Meile breiten und nur 6—10 Meter über den Seespiegel sich erhebenden kleinen Insel des nördlichen Antillenmeeres, welche ganz aus einer hauptsächlich vom Sombrerit gebildeten Breccie von Seethierresten, besonders Schildkrötenknochen, Fischresten, Korallenstücken besteht. Diese Fragmente sind unbedingt von den Wogen des Meeres zusammengeschwemmt, nachher aber über deren Bereich gehoben und nun durch den Regen mit den Lösungen aus den Vogelexcrementen, also mit wahrer Guanomasse, imprägnirt. Der Sombrerit enthält daher 75 bis 90 Procente Kalkphosphat, im Uebrigen Kalk und Thon. 3) Der echte Guano oder der Huanu, wie er in Peru heisst, besteht fast ausschliesslich aus Vogelexcrementen und kann den kalkigen Mineraldüngern nicht zugezählt werden, da er, wenn er seinen vollen Werth hat, über 50 Procente organische Stoffe und Ammoniaksalze enthält, und da man namentlich die letzteren als maassgebend ansieht. Gleichwohl hat er einen constanten und beträchtlichen Gehalt an Phosphaten, wie erklärlich, da er sehr grosse Mengen von zerkleinerten Fischgräten, Vogelknochen und dergl. enthält. Im Allgemeinen kann er sich in allen regenlosen Zonen bilden, in welchen — wie es übrigens nur am Meere, an fischreichen Küsten, die zugleich ungestörte Brutstätten für Seevögel gewähren, möglich sein dürfte — eine genügende Anhäufung von Thierexcrementen stattfindet. Die Inseln an der peruvianisch-bolivianischen Küste sind bekanntlich die Hauptfundstätte; auf ihnen finden sich bergähnliche Anhäufungen von 10 bis an 40 Meter Höhe, deren Anfänge offenbar aus uralter Zeit herrühren. Der Ersatz findet neuerdings nur in geringem Maasse statt, da die Schifffahrt und die

1) Das obere, an der Basis der weissen Kreide, entspricht dem Niveau nach annähernd dem der Conglomerate von Ilsede bei Peine, in welchem Bohnerz mit vielen, durch Handscheidung von ihm gesonderten Phosphoritknollen auftritt. Diese Scheidung bessert, abgesehen vom Gewinn des Phosphorits, das Eisenerz in hohem Grade.

Gewinnung selbst die Vögel stört und verscheucht. Leider ist daher eine endliche Erschöpfung der Guanolager unausbleiblich, nach manchen Angaben in nicht so sehr ferner Zeit; in Peru sollen die Chinchainseln erschöpft sein, der sonstige Vorrath wird, wenn auch wohl zu schwach, auf etwa 60 Mill. Centner geschätzt, was bei einem mitunter schon bis auf 10 Mill. Centner gesteigerten jährlichen Exporte ($1^1/_2$ Mill. pro Jahr für Deutschland) nicht viel sagen will.[1] Ausser den etwa seit 1842 in Angriff genommenen südamerikanischen Guanoinseln sind nur noch, um das Jahr 1850, die westafrikanischen (Ichaboe, Saldanha) in Betracht gekommen, deren Guano aber durchschnittlich nur etwa den halben Handelswerth hat und jetzt schon ziemlich erschöpft sein soll. Der Gegensatz ist in der That nicht unbedeutend; während der Guano von Peru und Bolivia $53—55^1/_2$ Procente Ammoniaksalze und organische Substanz hat, denen $23^1/_2$—26 Procent Phosphat[2]) mit etwa 4 Procent Kalk und 5—6 Procent Koch- und Glaubersalz bei 1—2 Procent sandiger Verunreinigungen und 7—13 Procent Wasser gegenübertritt, erreichen zwar die afrikanischen Guanoarten zum Theil einen Gehalt an organischen Stoffen und Ammoniaksalzen von 46 Procent, wobei Wasser (17 Procent) und die löslichen Salze (13 Procent) in ziemlicher Menge, Kalkphosphat zu $22^1/_2$ Procent zugegen ist; allein die meisten haben ganz andere Verhältnisszahlen, als jener beste Guano von Ichaboe, und sinkt in ihnen (z. B. im Saldanha-Guano) der Gehalt an organischen und ammoniakalischen Bestandtheilen auf 22 Procent, allerdings bei einem um so grösseren Gehalte an Phosphat, von 50 Procent (bei 18 Wasser, 6 löslichen Salzen, 3—4 Verunreinigungen und Kalk).

Die ebenfalls wichtige und zum Theil selbstständig betriebene Industrie der mineralischen Heilmittel und Gifte fusst zum grossen Theile auf der Herstellung metallischer Präparate, welche eine sehr ausgedehnte innerliche und äusserliche Anwendung finden. Fast alle bereits genannten Salze und neben ihnen die Jodsalze u. a. m., die aus den Mutterlaugen hergestellt zu werden pflegen, viele der Metallverbindungen (die Vitriole, die Antimon- und Arsenverbindungen, in vorragender Weise arsenige Säure, einzelne Wismuth-, Silber-, Eisenpräparate, das Quecksilber und seine Verbindungen) sind in dieser Beziehung zu nennen. Auch sind die Desinfectionsmittel (Kalk, Kohle, sehr werthvolle Präparate aus Stein- und Braunkohlentheer, metallische Salze, wie Eisenvitriol u. a. m.) und die zum z. Th. mit denselben zusammenfallenden Mittel, organische Stoffe zu conserviren, haltbar zu machen, in die nämliche Kategorie zu rechnen, mag das zu Conservirende Speise sein oder Bauholz.

---

1) Der Totalimport nach England in den 30 Jahren 1844—1873 wird auf 110 Mill. Centner zu 1280 Mill. Mark Werth geschätzt.

2) Die geringen Mengen von Magnesiumphosphat sind mit dem Kalkphosphat zusammengezogen.

Für Speisen stehen die Salze der Alkalien (Chlornatrium, Salpeter u. s. w.) obenan; für das Bauholz dagegen Metallsalze, und bekanntlich imprägnirt man dasselbe jetzt meist zu diesem Behufe mit Zinkchlorid, nachdem man die Luft herausgepumpt hat. Eine besondere Erwähnung, wenn auch nur in aller Kürze, verdient unter dem Conservirungsmitteln das natürliche Eis, welches, zuerst seit 1799 und schon seit 1815 (namentlich seit 1833) in grösserem Maassstabe, von Amerika aus in den Handel gebracht und bis zum heutigen Tage noch keineswegs durch die Eismaschinen ersetzt oder auch nur stark beeinträchtigt ist. Vielmehr hat man grade in den letzten Jahren auch bei uns das Beispiel der Amerikaner nachzuahmen begonnen, welche in den Seen Neuenglands und Neuworks mittels eines Eispfluges — erforderlichen Falls nach vorheriger Glättung der Oberfläche durch Hobel — das Eis in grossen Quadern gewinnen, diese (mit Paternosterwerken oder dergl.) in Lagerräume fördern, sie dort durch fortwährendes Pumpen vom Schmelzwasser frei halten und sie endlich bis über die ganze Welt, durch die ganze Südsee nach Asien u. s. w., über das atlantische Meer nach Südeuropa verschiffen. Wenn auch mit dieser (i. J. 1870 einen Ertrag von 10 Mill. Dollars repräsentirenden, 18000 Arbeiter beschäftigenden, pro Acre der gefrornen Seen eine Jahresrente von 500 Dollars einbringenden) Industrie vorläufig weder Skandinavien, noch die Alpengegenden haben concurriren können, so ist doch auch hier dieselbe im Gange, und nicht minder dürfen wir dem Aufleben einer einheimischen derartigen Industrie an den zahlreichen und für dieselbe wohlgeeigneten Seen im Nordosten unseres Vaterlandes selbst auf Grund der bisherigen bescheidenen Anfänge (z. B. am Teltow-See bei Berlin) entgegen sehen.

Grösseres Interesse für den Geologen haben die natürlichen Heilquellen, die Thermen und Mineralwässer, welche man theils nach ihrem oft nur sehr geringen, aber nie ganz fehlenden, oft ziemlich starken Gehalte an diesen oder jenen Mineralstoffen eintheilt und verschieden benutzt, theils nach ihrer Temperatur. Da diese Quellen allen möglichen Formationen entstammen — nur die jüngsten Bildungen sind arm an denselben, hauptsächlich wohl wegen ihrer oberflächlichen Lage, aber auch wegen ihrer Armuth an besonders wirksamen Mineralien —, da sie folglich aus den verschiedensten Niveaus, bis unter 800 Meter Tiefe, heraufströmen können, so folgt, dass auch ohne besondere Ursachen ihre Temperatur von der mittleren Temperatur der Oertlichkeit an bis zu einer erblicklich höheren wechseln kann. Nehmen wir jene Tiefe als die Grenze der Region an, aus welcher die Quellen in grösserer Mächtigkeit und Häufigkeit emporsteigen, so wird nach den bisher aufgestellten Berechnungen die Temperatur in den mit ungefähr 10° C. ausgestatteten Breiten Mitteleuropas

meist zwischen diesem Werthe und dem von 34 bis 37° C. [1]) schwanken. Dies trifft denn auch für die meisten Gegenden zu; nur Hochgebirgsdistrikte machen sehr häufig eine Ausnahme. In diesen aber darf man dreist eine etwas tiefere Lage der Quellen für zulässig halten, so dass die langsamere Zunahme der Erdtemperatur auf Bergen mehr als aufgewogen werden kann. Es ist daher nicht nöthig, für die Thermen von Gastein (35° bis 45° C.), Pfeffers ($37\frac{1}{2}$°) u. a. eine andere Wärmequelle, als die Zunahme der Temperatur in den Tiefen der Erde, anzunehmen. In manchen Districten liegt indessen die Frage anders, indem dort nicht nur die Menge heisserer Quellen ziemlich beträchtlich ist, sondern auch deren Temperatur weit stärker von den angegebenen Werthen differirt. In diesen Districten haben wir aber fast überall ohne alle Frage ein bedeutsames Moment, die vulkanische Hitze, welche noch vorhanden ist oder (wie aus dem Vorkommen der massigen Gesteine zu schliessen) doch vorhanden war. So befinden sich die an 70° C. haltenden Wiesbadener Quellen in nicht erheblicher Ferne von basaltischen Districten; der Karlsbader Sprudel ist nur etwa 1 Meile entfernt von einem jedenfalls noch in der Diluvialzeit thätigen Vulkane, dem Kammerbühl bei Eger. Auch die heissen Quellen der Pyrenäen (Plombières mit 70° C., viele andere mit etwa 50° C.), sowie die ebenfalls mit Basalten und vulkanischen Gesteinen in örtlicher Beziehung stehende Quelle von Wildbad in Schwaben (38° C.), ferner die Quellen von Bath (43—50° C.), von Baden in der Schweiz (50° C.), von Baden-Baden (68°), Nauheim (40° C.), auch Teplitz (38—49° C.) gehören mindestens mit grosser Wahrscheinlichkeit in dieselbe Kategorie. Von geringerer Bedeutung ist eine dritte Wärmequelle, nämlich die langsame chemische Veränderung in den Gesteinen; sie muss indessen unbedingt in Kohledistricten und bei Schwefelquellen einigen Einfluss haben. Die gelösten Stoffe sind selbstredend sehr mannigfaltig; Sauerstoff, Stickstoff (an einigen Stellen, z. B. im Inselbade Paderborn, fast rein aus der Erde strömend, ferner als Salpeter- und salpetrige Säure) Chlor, Fluor, Jod und Brom (in Salzen), Wasserstoff (auch mit Stickstoff verbunden zu Ammoniak, mit Chlor zu Salzsäure), Kohlenstoff (in Form von Kohlenwasserstoff und von Kohlensäure), Schwefel (Schwefelwasserstoff, schweflige Säure), Phosphor, Antimon, Arsen, Silicium und Bor, alle 4 in Form der Säuren, die basischen Radikale Calcium, Natrium, Kalium, Lithium

---

1) Je nachdem man auf etwa 30 oder 33 Meter Tiefe eine Zunahme von 1° C. ansetzt. Der auf Grund der Sperenberger Messungen vielfach behauptete Nachlass im Zunahmeverhältnisse ist für die hier in Frage kommenden Tiefen ohne Belang. Sein Nachweis, obwohl die Dunker'schen Messungen ihn ohne Frage ergeben, ist mir neuerdings wegen der Anfechtbarkeit aller (nach Vollendung der Bohrung angestellten) Temperaturmessungen in den mittleren Tiefen fraglich geworden.

(neuerdings gegen rheumatische Leiden empfohlen), Rubidium, Cäsium, Baryum, Strontium, Magnesium, Aluminium, Mangan, Eisen, Kupfer, Blei und Zink sind (grossentheils durch die Spectralanalyse) in den deutschen Heilquellen nachgewiesen. Die Eintheilung der Quellen richtet sich hauptsächlich nach den wirksamsten Bestandtheilen, und hat man danach indifferente Quellen, Salzquellen, Sulfat- und Erdsalz-Quellen, Säuerlinge und alkalische (natronhaltige) Quellen, Bitterwässer, Stahlwässer und Schwefelwässer nebst Schlammbädern.[1]) Die indifferenten Quellen gelten als Heilquellen nur bei einer etwas höheren Temperatur (nicht unter circa 18° C., meist nahe an 30 oder doch über 25° C., oft, wie in einigen der obigen Beispiele, erheblich höher, bis zu etwa 60° C.). Von den oben genannten Thermen gehören Pfeffers, Gastein einschl. Wildbad Gastein, Wildbad in Schwaben, Teplitz, Plombières, in England Buxton (mit 28° C.) und Matlock (20° C.), einige spanische Quellen hierher. Die Menge der gelösten Bestandtheile wechselt von $^1/_5$ bis $^3/_5$ pro Mille, meist Kalk und Gyps, daneben ein wenig der entsprechenden Magnesiumsalze, und etwas Chlornatrium, daneben Chlorkalium, auch Kieselsäure und Eisen. Fast regelmässig aber sind sie reich an Kohlensäure und hie und da (z. B. Buxton) an Stickstoff. Es würde zu weit über die Grenzen eines geologischen Buches hinausführen, wenn hier auf die spezielle, äusserliche und innerliche Anwendung der Wässer eingegangen werden sollte. Die Wässer mit den Salzen der alkalischen Erden, deren Gehalt an gelösten Stoffen schon von 1 bis $4^1/_2$ pro Mille steigt, haben auch meist eine hohe Temperatur, in der Regel zwischen 26 und 72° C. Meist überwiegt Gyps, demnächst Natriumsulfat (Glaubersalz), Chlornatrium, Chlormagnesium; Kalk, etwas kohlensaures Eisen nebst Magnesiumcarbonat und ein wenig Kieselsäure kommen hinzu; so in Baden in der Schweiz und Bath, auch Lucca (50° C.), mehreren Pyrenäenbädern u. a. m. Ueberwiegen im Gegentheil die alkalischen Salze, so hat man die alkalischen Quellen, von welchen Karlsbad (mit viel Natriumsulfat, auch Natriumcarbonat), Marienbad (mit Chlornatrium und Natriumcarbonat), Tarasp (reich an gelösten Stoffen, Kohlensäure, Chlornatrium, Natriumcarbonat und Sulfat sämmtlich reichlich enthaltend), St. Gervais (53° C., mit viel Natriumsulfat, auch Chlornatrium) hervorzuheben. Hinsichtlich ihrer Wirkung nähern sich diese Quellen schon den Bitterwässern (Ofen, Püllna, Saidschütz, Kissingen, Friedrichshall u. a.) sämmtlich reich an Magnesiumsulfat, allein auch Natriumsulfat (in derselben Reihenfolge abnehmend) und Salz (in Friedrichs-

---

1) Die Erdölquellen und die mit Erdöl gemischten Wasserquellen gehören nicht eigentlich hierher; siehe über dieselben voriges Kapitel. Letztere sind nur gelegentlich ärztlich angewandt, z. B. in Amerika, vielleicht wegen gleichzeitigen Gehalts an Salzen.

hall und Kissingen) enthaltend, nicht vorragend durch Temperatur, z. Th. aus den Dyas-, z. Th. aus Triasschichten ihren Reichthum au Mineralstoffen herleitend. Die Salzquellen sind z. Th. warm, wie Baden-Baden, Wiesbaden, Nauheim, Monte Catini, Bourbonne, auch Canstadt, Oeynhausen (bei Minden), obwohl letztere keiner sehr hohen Temperatur sich rühmen können und sie jedenfalls (letzteres nachgewiesener Maassen) nur der Tiefe der Quellen verdanken. In Canstadt beträgt sie 24° C., in Oeynhausen (wo die Thermalquelle zu etwa 800 m Tiefe künstlich erbohrt ist) etwas unter 30° C.[1]). Andere sind kalt, wie z. B. Soden, Homburg, Kreuznach, Kissingen, Juliushall (Harzburg), Wittekind (bei Halle), Kösen und viele andere. Abgesehen von der Kohlensäure, die sie gleich den Salzthermen z. Th. sehr reichlich enthalten, sind diese den Seebädern kaum an Wirksamkeit gleich zu stellen. Eine für den Handel wichtige Abart der alkalischen Wässer sind die Säuerlinge, d. h. solche Wässer, welche neben nicht sehr grossen Mengen gelöster Stoffe (zumeist Natriumcarbonat, nächstdem Magnesiumcarbonat und Chlornatrium) erhebliche Mengen von Kohlensäure enthalten und dadurch ein wohlschmeckendes Getränk abgeben. Sie sind z. Th. von höherer Temperatur (Vichy circa 40° C., Ems 46° C.), z. Th. kalt (Selters, Salzbrunn, Heilbrunnen, Bilin und viele andere); einige (z. B. Wildungen) sind nebenbei durch einen schwachen Eisengehalt ausgezeichnet. Die Stahlwässer (meist kalte Quellen) haben in der Regel keinen hohen Gehalt an festen Stoffen, unter ihnen spielt aber Eisencarbonat (lösliches Doppelcarbonat) eine gewisse, oft die hauptsächlichste Rolle; andere Eisenverbindungen, die bestimmte Wässer charakterisiren sollen, sind im Allgemeinen unwichtig. Pyrmont, auch Driburg bei Paderborn, Homburg, Soden, Schwalbach, Tarasp, Eger, Marienbad, Spa, von schwächeren Lauchstädt, Wildungen, ferner Tunbridge in England, St. Moritz in der Schweiz, Luxeuil in Frankreich (manganhaltig) sind unter vielen anderen hervorzuheben. Die Schwefelquellen enthalten Schwefelnatrium oder Schwefelcalcium; diejenigen, welche ersteres enthalten, sind die geschätzteren. Die Schwefelalkalien zersetzen sich an der Luft und es entsteht ein Geruch nach Schwefelwasserstoff gleichzeitig mit einer opalisirenden Trübung des Wassers. Doch findet sich auch schon vor dem Ausströmen freier Schwefelwasserstoff. Die Schwefelquellen sind der Mehrzahl nach warm (Aachen 60° C., Eaux-Bonnes 33° C., Schinznach 36° C.), jedoch kommen (zu Gurnigel, Weilbach, Nenndorf, in Frankreich zu Enghien, in England zu Harrogate u. a. O.)

1) Auch hier ist die Zunahme geringer gewesen, als man sie berechnet hatte; doch fehlt es hier, wie in Sperenberg, an maassgebenden Vergleichsdaten. Die Annahmen des Einflusses von Störungen waren jedenfalls übertrieben.

auch kalte derartige Quellen vor. Namentlich von diesen sind viele nicht Schwefelnatriumquellen, sondern Schwefelcalciumquellen, und diese sind zwar reich an Salzen (auch Kochsalz), allein viel weniger reich an Schwefel, sodass neben dem Schwefelwasserstoffgase gewöhnlich auch Kohlensäure aus ihnen aufsteigt. Sie verdanken zum grossen Theil den desoxydirenden Wirkungen organischer Stoffe, besonders Kohleablagerungen, ihren Schwefelcalciumgehalt (so Aachen, auch Eilssen im Bückeburgischen, während die schwache Schwefelquelle von Meinberg eine Schwefelnatriumquelle ist). Zu ihnen gehören daher auch die sogenannten künstlichen Schwefelquellen, welche der reducirender Wirkung lebender Vegetation, insbesondere der Wasserpflanzen (Characeen, aber auch sonstigen Pflanzen) auf den Gyps ihren Schwefelcalcium- und Schwefelwasserstoffgehalt verdanken und öfter durch Befreien der die betreffenden Quellen speisenden Wasserbassins von ihrer Vegetation unabsichtlich vernichtet sind, allerdings ohne dass wesentlicher Schaden dadurch angerichtet wurde. Die Schlammbäder werden theils (in Deutschland) künstlich aus Torfwasser oder Schlamm mit Schwefelwasser bereitet, theils sind sie warme, schlammige Quellen mit Schwefelexhalationen in vulkanischen Gegenden; seltener werden künstliche oder natürliche schwefelfreie (kohlensäurereiche, eisenhaltige) Schlammbäder angewandt. — So reich das Verzeichniss, so gross die Auswahl der Heilquellen ist, so sorgfältig man an vielen Orten ihre Wirkungen zu erhöhen und in möglichst günstiges Licht zu stellen bemüht ist, so ist es doch nicht in Abrede zu stellen, dass an den meisten Orten die Nachfrage nach derartigen Heilmitteln eine grosse ist. Es wird daher eines Theils eifrig, oft in übertriebener Weise, nach neuen Heilquellen geforscht, andern Theils ist ein grosser Export mancher der Wässer — am meisten der Säuerlinge und der aus den Wässern hergestellten festen Rückstände, der Badesalze u. dergl. — angebahnt, und hat endlich auch noch die Nachfrage nach diesen versandten Wässern eine eigne Industrie, die Fabrikation nachgeahmter Mineralwässer, in sehr ausgedehntem Maasse ins Leben gerufen. —

Eine andere Reihe von industriellen Objecten sind die Geräthe, mögen sie Nützlichkeitsgegenstände oder Luxusartikel sein. Sofern dieselben durch die Thon- und Porzellanindustrie, durch die Glasindustrie und aus Metallen hergestellt werden, sind ihre Materialien (wenn auch manche interessante spezielle Vorkommnisse, z. B. die Zersetzungsprodukte des dem Anorthitfeldspath gleich zusammengesetzten, nur ganz abweichend krystallisirten Skapolithes nebst dem Passauite oder Passauer Porzellanspathe hätten angeschlossen werden können) im Wesentlichen dieselben, welche in den vorigen zwei Kapiteln der Betrachtung unterzogen wurden; es bleiben von nutzbaren Hausgeräthen im Ganzen wenig Artikel übrig, welche sich noch zu den Produkten

jener drei grossen technologischen Hauptzweige hinzugesellen, da eine Herstellung von Steinwaffen u. dergl. der Urzeit oder den minder cultivirten Nationen zufällt. Immer aber sind es einige interessante Artikel, auch wenn wir von den schon im Obigen berührten Gegenständen absehen, in Sonderheit also von der Fabrikation von Fensterscheiben aus Glimmer, von der sich der Bearbeitung der Ornamentsteine anschliessenden Serpentinindustrie (durch welche bei Zöblitz in Sachsen in der That vielerlei Gegenstände, Geschirre und Werkzeuge, hergestellt werden, die nur nicht immer den ihnen nachgerühmten Grad von Feuerfestigkeit wirklich besitzen), von der ähnlichen Bearbeitung von Gyps (Alabaster), Aragonit (Sprudelstein) u. dergl. m. Diesen Stoffen schliesst sich der weiche, daher schön zu bearbeitende, oft künstlich mit Wachs oder Stearin imprägnirte Meerschaum an; nicht minder eine Reihe von Stoffen, die zu den eigentlichen Schmucksteinen überführen, der Flussspath, welchen man in England zu Vasen verarbeitet, manche der Abarten des Quarzes (Achat zu kleinen Mörsern, Stösseln, Reibschalen, Bergkrystall zu kostbaren Gefässen u. dergl. m.) und besonders der Topfstein (von Chiavenna u. a. O. der Alpen), der wegen seiner Bearbeitungsfähigkeit und Feuerfestigkeit ein beliebtes Material dieser Art ist. Die Feuerfestigkeit und Unverbrennlichkeit kommt ferner dem unten zu besprechenden Graphit in so hohem Grade zu, dass er (wie schon im Eingange erwähnt) auch in der hier in Betracht kommenden Richtung ausgedehnte Verwendung finden. Ausserdem aber stellt man aus den faserigen Varietäten der Hornblende (s. o.) gradezu ein feuerfestes Gewebe her, auch (im hohen Norden) Lampendochte und sogar ein Papier, das zwar immer spröd ist, aber bei Anwendung feuerbeständiger Farbe (schwarzer Glas- und Porzellanfarbe) zu unverbrennlicher Schrift dient. Bekannt ist die Verwendung des Asbests als Stoff, welchen man mit der nordhäuser oder rauchenden Schwefelsäure [1]) benetzte, um damit leicht entzündliche Stoffe (chlorsaures Kali mit Schwefel und Antimon zu entzünden, die indessen durch die jetzigen Streichhölzer veraltet ist. Die Herstellung des Asbestgewebes ist mühsam, indem die ausgewaschenen ausgekochten Mineralien (Bergseide, Amianth u. dergl. genannt) sorgfältig ausgekämmt, zu gleichlaufenden, möglichst langen Fäden geformt, dann mit einem feinen Flachsfädchen unter beständigem Befeuchten der Finger mit Oel — theils um den Amiant geschmeidig zu erhalten, theils um Verletzung der Haut zu vermeiden — zu einem möglichst dichten Zeuge gewoben werden, das dann durch Glühen vom Oel und von dem Flachsfädchen befreit und gewaschen in den Handel gebracht wird. Das unverbrennliche Gewebe, schon von den Römern gelegentlich zu Einhüllung der Leichen beim Verbrennen benutzt, wird

1) Schwefelsäurehydrat mit etwas Anhydrid.

jetzt nur noch sehr selten, namentlich für Brandrettungsanstalten, angefertigt. — Die natürlichen feuerfesten Steine (Sandsteine aus Nordamerika, England, der Beauxit aus Centralfrankreich) schliessen sich ebenfalls hier an; so wie auch die Leckstones der Engländer, gewisse Abarten der jungen basischen Massengesteine. — Dass die eigentlichen Edelsteine auch zu nützlichen Geräthen mehrfach verwandt werden, ist ebenfalls hier anzuführen; der Benutzung des Diamantes beim Erdbohren ist bereits gedacht, seine Verwerthung zum Glasschneiden aber ist nicht minder von Belang. Auch gehört die Benutzung mancher Edelsteine zu Zapfenlagern für Uhren, die des Diamantpulvers zum Poliren und Schleifen des Diamants selbst (s. u.) und anderer Edelsteine hierher, sowie die Verwendung von Diamanten und anderen wasserhellen Edelsteinen zu optischen Instrumenten, zu welchen sie vermöge ihrer starken Lichtbrechung noch besser geeignet sind, als das Glas; nur ist ihre Bearbeitung zu theuer und die Auffindung genügend zahlreicher guter Stücke nicht immer gewährleistet. Am häufigsten ist wohl noch die Benutzung des Quarzes zu Brillengläsern, welche haltbar sind und nicht beim Uebergange aus kalter in warme Luft beschlagen.[1]) An die Verwendung des Diamantes zum Schleifen knüpft ferner die ähnliche des — von Handelsleuten oft mit Demant verwechselten — Demantspathes, der unedlen Varietät des Korundes, welche besonders in China, Sibirien (Mursinsk), Ostindien u. s. w. in den Handel kommt und fast die Härte des edlen Korundes hat (es wird meist etwa $8^3/_4$ statt des dem letzteren zukommenden Grades 9 angenommen), daher für härtere Schmuck- und Edelsteine (mit Ausnahme der wenigen noch härteren) ein sehr gutes Schleifpulver ist. Der unreine Korund, Smirgel, meist mit Eisen (Magneteisenerz, Eisenoxyd) stärker verunreinigt, wird besonders von Naxos und Smyrna in den Handel gebracht, aber auch in Sachsen (Schwarzenberg) gewonnen. Er ist weicher (Härte kaum $8^1/_2$, namentlich wenn er in Zersetzung begriffen) und schwerer (bis an $4^1/_2$ statt des Korundgewichtes 3,95); allein obwohl er nur etwa die halbe Polirkraft des edlen Korundes hat[2]), ist er doch vermöge seiner grösseren Häufigkeit und immer noch beträchtlichen Härte eines der nützlichsten Mittel, um Glaswaaren, edle und andere Steine, Metall zu poliren, indem man ihn angefeuchtet auf Scheiben (meist Gusseisenplatten) streicht und die Gegenstände auf denselben sich reiben lässt. Auch stellt man Smirgelpapier u. dergl. her. Der Smirgel wird als gesuchtes Material öfter verfälscht; der norwegische rothe Smirgel ist z. B. fein gepulverter Granat, der zwar noch ziemlich

---

1) Auch die Schutzbrillen für Steinarbeiter u. dergl. aus Glimmer oder Bergkrystall sind hier anzureihen.

2) Diese zu 100 gesetzt, wird die des Demantspaths zu 60—77; die des Smirgels zu 45 bis 55 angenommen.

hart, aber doch dem Smirgel bei weitem nicht gleich ist. Eine fernere Fälschung besteht in dem Zusatze von Eisenoxyd (Röthel), der zwar an sich ein leidlich gutes, aber doch viel weicheres Schleif- und Polirmittel giebt. Als fernere derartige Stoffe sind Zinnoxyd, sowie der aus Eisenoxyd, Zinnoxyd, Bimssteinpulver, Wetzsteinpulver u. dergl. gemischte Crocus oder gemeine Röthel zu nennen, von denen der Bimsstein auch unzerkleinert (zum Abbimsen) gebraucht wird. Selbstverständlich gehört auch der reine Sand hierher, den man namentlich z. B. beim Steinsägen anwendet, sowie zu Sandpapier u. dergl. Kieselguhr, Infusorienerde, Polirschiefer, die Bath-Bricks und der Tripel, d. h. Opal in feiner Vertheilung, z. Th. aus Kieselskeletten von Infusorien (vgl. Abschn. 1, Kap. 1), bilden den Uebergang zu den weicheren Glättungsmitteln, zu denen Kreide und andere feinpulverige Kalke gehören. Der englische Rotten-stone, zum Poliren weicherer Metalle verwandt, ist ein weiches Thonerdesilikat, das bei Zersetzung mergeliger Gesteine zurückgeblieben ist; die Analysen dieses Materials, das übrigens keineswegs die Polirschiefer hat ersetzen können, ergeben einen besonders hohen Thongehalt. Der Talk, dessen später noch zu gedenken sein wird, kann als weichstes derartiges Material hier angeschlossen werden, insofern er als Zusatz zur Axenschmiere und auch sonst zu Minderung der Reibung Verwendung findet. — Die Wetzsteine haben gewöhnlich weniger als Quarzhärte und stets eine feine Körnung; die wichtigsten sind mancherlei feine Sandsteine, deren Bindemittel aber nicht Quarz ist, Glimmerschiefer (Ragstones, aus Schottland, Norwegen), die sogenannten Oelsteine oder Wetzschiefer, darunter die von Kleinasien, von Regensburg (Rasirmesserwetzstein oder Novaculit mit Härte 5, ein Talkerde führendes Thonsilikat), von Thüringen (kieselhaltige Phyllite), von Wales und Arkansas; manche andere Steine, selbst Kieselschiefer, werden gelegentlich zu demselben Zwecke gebraucht.[1]) Zum Poliren werden meist glatte Achatstücke oder Stücke anderer Quarzvarietäten (Jaspis, Carneol u. dergl.) verwandt. Die Schleifmühlsteine oder eigentlichen Schleifsteine endlich, die man auch durch künstliche Compositionen (aus Smirgel u. dergl.) und durch Metallplatten, welche mit Smirgel bestrichen sind, zu ersetzen angefangen, sind meist Sandsteine, deren einzelne Fundstätten anzugeben zu weit führen dürfte. Auch sie dürfen, obgleich sie gröber als die Wetzsteine sein können, doch kein zu grobes Korn haben. Die Anwendung der Schleifräder zum Einschleifen von Zeichnungen auf Glas u. dergl. ist sehr mannigfaltig; die Art und Weise, wie sie im Nahethale zu Idar und Ober-

---

1) Des Gebrauchs der letzteren als Probirsteine, obwohl einem wesentlich verschiedenen Zwecke dienend, würde hier anhangsweise zu gedenken sein; vergl. darüber S. 20.

stein zum Achatschleifen angewandt werden, ist bekannt, wie nicht minder ihre Verwendung zum Schleifen der Messer u. s. w.

Die Mühlsteine, welche nur in gewissen Fällen durch künstliche (aus Gusseisen angefertigte) Räder ersetzt werden können, gehören zu den gesuchteren Handelsartikeln aus dem Mineralreiche. Sie haben die Form eines kurzen Cylinders meist von $1^1/_4$ bis $1^3/_4$ Meter Durchmesser und 20 bis 60 Centimeter Höhe und werden in wesentlich doppelter Weise angewandt, indem auf dem unteren Steine, welcher die Grundlage bildet, oder dem „Bodensteine“ entweder um eine Verticale (stehende Welle) ein horizontal liegender „Läufer“ sich dreht, oder ein Paar vertikal aufgerichteter Steine sich um eine horizontale Axe dreht und mit dieser auf dem Bodensteine um die stehende Welle bewegt wird. Letzteres heisst der Kollergang; er wird besonders zum Zermalmen härterer Stoffe benutzt, wie z. B. des Cementes, des Gypses (s. oben), und wird manchmal, namentlich um feinen Gyps herzustellen, nachher noch das durch den Kollergang hergestellte Pulver auf einen gewöhnlichen Mahlgang gebracht. Auch zum Gewinnen von Oel aus Oelfrüchten bedient man sich z. Th. nach dem Quetschen (durch Quetschwalzen) der Kollergänge (Oelgänge). Besondere Sorgfalt erheischt das Mahlen des Getreides, bei dem der Mahlgang aus zwei horizontalen Steinen, einem dünneren Bodensteine und einem dickeren Läufer bestehend, erst weiter, dann enger gestellt wird, um die Körner erst zu schälen und zu spitzen, dann zu Mehl zu pulvern. Auch werden die Steine auf der Mahlfläche geschärft, d. h. mit circa 7 Millim. tiefen, nach aussen an Tiefe abnehmenden sogenannten Hauschlägen versehen, wobei die des Läufers gewöhnlich in graden Linien tangential um das (20—26 Centner weite) Auge stehen und von parallelen Nebenschlägen begleitet sind, und die des Bodensteines diese Linien in Winkeln von 39° kreuzen, indessen vortheilhafter Weise mit Abnahme dieser Winkel nach aussen (Fig. 69).

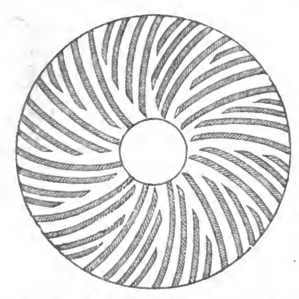


Fig. 69. Mahlfläche des Bodenstein eines Mahlganges.

Die sämmtlichen Mühlsteine werden aus harten und festen Gesteinsarten hergestellt und sind dazu besonders angewandt 1) die basaltische Lava von Andernach, Niedermendig, Mayen am Rhein (Mühlsteinlava, die rheinischen Mühlsteine liefernd), von Volric in der Auvergne, vom Aetna. 2) Porphyr von Krawinkel in Thüringen. 3) Granit, z. B. vom Harze. 4) Quarzitische Sandsteine von Norwegen,

Schottland. 5) Manche andere Sandsteine, Varietäten des alten rothen Sandsteins, namentlich die des Sandsteins der Kohlenformation (millstone grit), sowie des Rothliegenden und auch jüngere Sandsteine mit theilweise quarzitischem Bindemittel, z. B. aus der sächsischen Schweiz. 6) Breccien und Puddingsteine mit ebenfalls festem Bindemittel (Savoyen, England). 7) Ganz besonders beliebt sind die Burrsteine, Mühlsteinquarze oder Süsswasserquarze der (ältern) Tertiärformation, besonders des Pariser Beckens, z. B. bei La Ferté sous Jouarre, aus porösem, fast reinem Quarz bestehend. Die letzteren, die französischen Mühlsteine, haben nur den Nachtheil, dass sie gemeiniglich nicht aus einem Steine gefertigt werden können, sondern mit Cement aus vielen Stücken (meist 2 Kränzen à 8 Stücken) zusammengefügt und durch Eisenreifen verbunden werden müssen, wobei zugleich das mittlere spezifische Gewicht dieser Steine — auf etwa 2 — herabgedrückt wird. Solche Eisenreifen hat man übrigens auch für manche aus einem Stücke gefertigte, namentlich granitische Mühlsteine nöthig, indem sonst ein zu häufiger Verbrauch eintreten würde und eine grosse Zahl mühsam angefertigter Werkstücke ausrangirt werden müsste. Die Anwendung solcher Eisenreifen und noch mehr die von Gusseisenstücken statt der Mühlsteine ist in manchen Fällen, z. B. für das Pulvern von Porzellanmaterial, das rein weiss bleiben soll, unzulässig, indem die dabei unausbleiblichen Eisenbeimengungen die Farbe beeinträchtigen würden.

Die Walkererde ist ein verschieden gefärbter, stets weicher, fettig anzufühlender Thon, oft mit Resten halb zersetzter anderer Silikate, stets so verunreinigt, dass er leicht schmelzbar wird und sich im Wasser anders verhält, als der reine Thon. Er soll in demselben nämlich zu einem feinen Pulver zerfallen, ohne eine wirklich knetbare Masse zu liefern. Diese lose Mengung zieht begierig Fett an, und beruht darauf ihre Wirkung und ihre Anwendung beim Walken, welche übrigens neuerdings durch chemische Agentien mehr und mehr verdrängt ist. Ganz ähnlich ist die Wirkung thonhaltiger Mischungen, welche zum Entfernen von Fettflecken vielfach in den Handel kommen. Die Walkererde kommt besonders in der englischen (mittleren) Juraformation, als Fuller's earth, bei Cilly in Steiermark, in Sachsen (z. B. bei Siebenlehn als verwitterter Grünstein) vor. —

Allen bisher aufgezählten, allerlei Nützlichkeitszwecken dienenden Materialien stellen sich die eigentlichen Schmucksteine gegenüber, welche eine nicht unbeträchtliche Rolle in der Technik spielen. Dieselben zerfallen zunächst in die eigentlichen Edelsteine oder Juwelen, welche einen hohen Härtegrad mit Durchsichtigkeit, schöner Farbe oder Farblosigkeit und mit einer gewissen Seltenheit des Verkommens verbinden, und in die Halbedelsteine, welchen diese Eigenschaften nicht sämmtlich zukommen. Die Halbedelsteine sind der Mehrzahl

nach dichte Varietäten von härteren, entweder nicht allzu häufigen oder besonders schönen, auch wohl durch die Bearbeitung besonders schönes Aussehen annehmenden Mineralien. Unter ihnen spielen die sehr zahlreichen Varietäten des Quarzes eine grosse Rolle; so hat beispielsweise der Achat eine eigenthümliche, im Nahethale manche Familie ernährende Industrie begründet, welche seit dem Nachlasse der Gewinnung von Achaten aus dem Mandelsteine dieser Gegend einen ziemlich bedeutenden Import, z. B. aus Brasilien, veranlasst hat. Um die Farbendifferenzen der einzelnen Lagen besser hervortreten zu lassen, imprägnirt man die Achate oft mit Honigwasser und nachher mit Schwefelsäure, die eine Verkohlung und bräunliche Färbung der eingedrungneren organischen Masse bewirkt. Die Schleiferei wird in vielfacher Art und Weise betrieben; einen künstlerischen Aufschwung, wie er neuerdings in Amerika (Brasilien und auch Nordamerika) in Herstellung von Steincameen (erhaben geschnittenen Bildern in Achat, Onyx u. dergl.) zu Tage getreten, hat das Nahethal (Idar, Oberstein) bisher nicht aufzuweisen. Von anderen Quarzvarietäten sind ausser dem Sardonyx und Onyx und dem Moosachat besonders Chalcedon nebst Carneol, Jaspis, Avanturin, Katzenauge, Chrysopras anzuschliessen, während die krystallisirten durchsichtigen Abarten (Bergkrystall, Amethyst, Citrin und Rauchtopas nebst dem schwarzen Morion) nicht nur durch ihr Aeusseres, sondern auch zu Zeiten durch Begünstigung Seitens der Mode den Uebergang zu den eigentlichen Edelsteinen bilden. Ausser dem Quarz sind als Halbedelsteine hervorzuheben der Labradorfeldspath (von der Paulsinsel an der Labradorküste), der farbenwandelnde Orthoklas (Mondstein u. s. w.), die grünen Varietäten des Orthoklases und anderer Feldspathe (Amazonenstein), der durch Eisenglanzschüppchen dem Avanturin ähnlich erscheinende Oligoklas (Sonnenstein), der Lasurstein oder Lapis lazuli, sämmtlich Silikatgesteine, ebenso wie die chinesischen u. a. Bildsteine oder Agalmotolithe, unter welchem Namen verschiedene Silikate begriffen werden, der rosenfarbene, neuerdings aus Russland stark in den Handel gebrachte Rhodonit oder Kieselmangan, der lauchgrüne Nephrit (nach neueren Untersuchungen aus dichtem Grammatit bestehend), und die davon abweichenden, dem Saussurit zuzuordnenden Jadeïte[1]); ausserdem sind die unedleren Varietäten des Opal anzuführen und der Türkis oder Kalaït (wasserhaltiges basisches Aluminiumphosphat), obwohl ein etwas selteneres und bei schöner (hellblauer) Färbung den Edelsteinen gleich geschätztes, auch feldspathhartes Mineral, gehört seinen Eigenschaften nach im Grunde hierher. Der Malachit, der Flussspath und der edle Serpentin bilden dagegen den Uebergang von den Halbedelsteinen zu den sogenannten edlen Varietäten der gewöhnlichen Gesteine

1) Jade orientale gehört dagegen meist zu Vorigem.

(wie Marmor, Gyps, auch Schriftgranit u. dergl. m.), welche in den früheren Kapiteln und im vorhergehenden Theile dieses Kapitels berücksichtigt sind, und in gewisser Weise reiht sich diesen Stoffen auch die härtere, feste, politurfähige, schön schwarzbraune Varietät der Braunkohle an, welche als Gagat (jet) hauptsächlich aus Spanien in den Handel kommt und zu Schmuckgegenständen verarbeitet wird. Wie übrigens auch bei den Edelsteinen selbst, ist das Formen, Schleifen und Poliren (deren dem Mineralreiche entnommenen Erfordernisse bereits aufgezählt sind) ein Haupterforderniss für die aus allen diesen Materialien hergestellten Gegenstände. [1])

Besondere Berücksichtigung verdient ein Mineral, das jedenfalls zu den Halbedelsteinen gestellt werden muss, der für uns Deutsche historisch und industriell nicht unwichtige Bernstein, welcher in einer Reihe der jüngeren Bildungen durch ganz Norddeutschland auftritt. Das geologisch tiefste Niveau, in welchem der Bernstein bis jetzt gefunden ist, zugleich das technisch wichtigste, ist das in der sogenannten blauen Erde des Samlandes auf der von Königsberg nördlich, nordwestlich und westlich zwischen dem kurischen und frischen Haff vorspringenden Halbinsel, welche ausserdem die ostpreussische Braunkohle aufgeschlossen zeigt. Von sämmtlichen dortigen Tertiärschichten sind die bernsteinreichen die tiefsten; sie bestehen aus glaukonitischen Sanden, in welchen die oben bezeichnete blaue Bernsteinerde, ein an Knollen des Minerals reicher fetter, bläulicher Thon, eingeschlossen ist. Daher ist auch der rohe Betrieb des Bergbaues (Tagebaues) an den samländischen Küsten kostspielig; die Abkummerungsmassen sind sehr bedeutend, die Auswahl der zu gewinnenden oder wegen geringeren Gehaltes an Bernstein liegen zu lassenden Stellen unmöglich. Es ist daher auch in letzter Zeit eine bergmännische Gewinnung [2]) eingeleitet, deren Projekt Fig. 70 mit dem Profil der samländischen Bildungen darstellt (vergl. darüber Kap. 2 dieses Abschnittes). Wie schon aus demselben zu ersehen, ist schon in der Tertiärzeit, in der Zeit der Ablagerung der (nach den Annahmen der Geologen wenig an Alter der übrigen norddeutschen Braunkohle nachstehenden) samländischen Braunkohle, eine Umlagerung von Bernstein, eine Auswaschung desselben aus den Sanden und Thonen der Bernsteinformation und ein Wiederabsatz der Knollen in unregel-

---

1) Nur hingewiesen werden kann hier auf eine Art der Mosaikindustrie, auf die florentiner Mosaikarbeiten, bei welchen Halbedelsteine jeder Art nach Farbe sortirt und künstlerisch zusammengestellt und endlich geschliffen werden, im Gegensatz zur (römsichen) Glasmosaik, welche Glasstäbchen ähnlich verarbeitet.

2) Zunächst auf Anregung von G. Berendt. Die geologischen Untersuchungen des Samlandes sind ausserdem namentlich durch Zaddach ausgeführt.

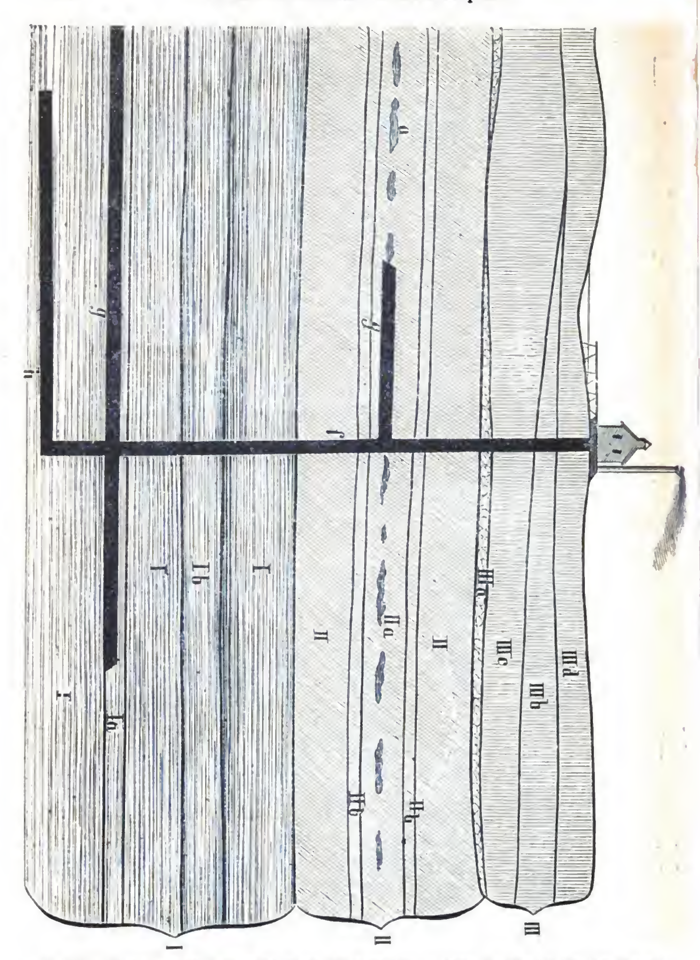


Fig. 70. Entwurf eines bergmännischen Abbaues der blauen Erde unter Mitgewinnung der Bernsteinnester in der Braunkohlenformation. *f* Schacht. *g* Abbaustrecken. *h* Sumpfstrecke. *I* Bernsteinformation, Glaukonitsande. *Ia* blaue Bernsteinerde. *Ib* festere durch Eisenoker verkittete Sandschicht. *II* Braunkohlenformation, Sande. *IIa* Bernsteinnester in derselben. *IIb* Lettenschichten. *III* Diluvialformation. *IIIa* Geröll. *IIIb* Sand. *IIIc* untere Mergel. *IIId* obere Mergel.

mässiger Vertheilung (in Nestern) erfolgt, der an manchen Stellen eine Ausbeutung lohnend erscheinen lässt, daher auch im Entwurfe (Fig. 70) berücksichtigt ist. Die Umlagerungen einzelner Bernsteinstücke und einzelner Nester setzt sich nun durch sämmtliche jüngere norddeutsche Bildungen fort; das Diluvium und Alluvium hat namentlich an der Küste bis in die Marschen des Nordseestrandes und bis Livland andererseits, ersteres auch an manchen Punkten des Binnenlandes, solche Vorkommnisse aufzuweisen. Am Meere sind sie im Ganzen lohnender, da dies eine gewisse Menge von Bernsteinstücken losspült und auswirft; doch sind nach Erschöpfung der älteren Vorräthe die Arbeiten behuf des Sammelns doch vorzugsweise wieder auf das Samland beschränkt, da hier die Meereswellen das erwähnte Hauptlager direkt bespülen und aus ihm ein fortdauerndes, stärkeres Auswaschen erfolgt, die Ausbeute also nicht auf gelegentlich von den Wellen angetroffene Anhäufungen, wie in den jüngeren Schichten, angewiesen ist. Der sicherste Ertrag ist immer die Ausbeutung der blauen Erde selbst, welche nächst der See, wo sie auf längere Strecke grade im Niveau derselben liegt, nur durch Tagebau, weiter im Innern (so weit, dass ein Eindringen des Wassers aus der See in die Strecken ausgeschlossen ist) in weit lohnenderer Weise, unter Ermässigung der laufenden Kosten auf etwa $^1/_4$, bergmännisch betrieben werden kann. Die ausserdeutschen Fundstätten von Bernstein (Tertiärkalk bei Lemberg, Sicilien, Spanien) kommen in Handel und Industrie nicht in Betracht. — Der Bernstein oder Succinit selbst, amorph und in rundlichen, oft noch obenein gerollten Stücken vorkommend, ist unbedingt vorweltliches, aus 79 Procent Kohlenstoff, $10^1/_2$ Wasserstoff und ebensoviel Sauerstoff oder $C_{10}H_{16}O$ bestehendes, beim Reiben stark negativ electrisches Harz, das von einer sonst unbekannten, mit dem Namen Peuce succinifera Göppert belegten Fichtenart — aus tieferen Tertiärbildungen, jedenfalls nicht jüngeren Datums — stammt, von verhältnissmässig nicht unbedeutender Härte (2 bis $2^1/_2$), leicht, aber doch etwas schwerer als Wasser (Gewicht 1 bis 1,1), erst bei 287° C. schmelzend (also bei 80° mehr als Copalharz), mit heller Flamme[1]) und angenehmem Geruche brennend und Bernsteinsäure abgebend, von gelblicher Farbe, die man allgemein um so höher schätzt, je heller und reiner sie ist. Die Durchsichtigkeit ist sehr verschieden, oft in einem Stücke wechselnd; am geschätztesten sind die gleichförmig durchsichtigen, lebhaft glasglänzenden, hellgelben Stücke (Brillantbernstein), dann die gleichförmig milchig trüben, mehr fettglänzenden Stücke von heller Farbe; auch die geflammten Stücke,

1) Daher ausser als Schmuckstein auch als Räucherpulver — in Abfällen — sowie zur Herstellung von Bernsteinsäure benutzt; auch (vergl. unten) zu Lack.

welche zu bestimmten Zwecken und der Mode gemäss mitunter gesucht sind, schätzt man durchgehends um so höher, je heller gefärbt sie sind. Als eine nur in wissenschaftlicher Hinsicht interessante Erscheinung sind die Insecten und anderen kleinen Gliederthiere aufzufassen, welche in dem frisch emporquellenden Harze eingeschlossen wurden; Fig. 71 stellt ein Bernsteinstück mit einem kleinen Skorpion, Fig. 72 eines mit einer Ameise dar. Die sämmtlichen, sehr zahlreichen Arten von Insecten, Tausendfüssen, Spinnen u. dergl. sind ausgestorben, von den lebenden Arten verschieden; es giebt dies zugleich einen ferneren Anhaltspunkt zur Entdeckung der mannigfachen Fälschungen, welche in dieser Beziehung gemacht werden aber doch, wenn auch oft sehr geschickt gemacht, bei sorgfältiger Besichtigung ohnedies zu entdecken sind.[1]) Die sehr grossen Stücke von Bernstein haben einen verhältnissmässig hohen Werth als Seltenheiten; Stücke von 75 Gramm (5 Loth) werden als Sortiment, solche von etwa 10 Gramm als Tonnenstein (besonders reine derartige Stücke als Furnitz) an die Bernstein-

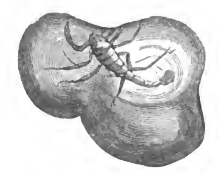


Fig. 71.



Fig. 72.

arbeiter gegeben; noch kleinere, minder reine Stücke (Sand, Schluck) werden mit dem Abfalle zusammen verwerthet. Der Handel, besonders durch die Unregelmässigkeit der Lieferungen eine Zeit lang sehr beeinträchtigt, nimmt in neuester Zeit, bei geregelterem Betriebe, wieder grössere Dimensionen an. —

Die eigentlichen Edelsteine sind nach ihrem durchschnittlichen (ungefähren) Werthe geordnet Diamant, Korund, Chrysoberyll, Spinell, Beryll, Zirkon, Topas, Turmalin, Granat, edler Opal, Cordierit, Vesuvian, Chrysolith, Cyanit, Diopsid, Axinit, von denen nur der Opal amorph ist, alle übrigen in Krystallen oder Krystallstücken (Fragmenten, auch gerollten Stücken) auftreten. Hinsichtlich der Werth-

---

1) Die Arbeiter bohren ein Bernsteinstück an, füllen die Höhlung mit einer irgend ein Insect einschliessenden Harzlösung und verschliessen sie wieder mit einem gut eingepassten Stücke Bernstein. Auch sonstige Verfälschungen sind häufig, doch unschwer zu entdecken.

schätzung gilt indessen unbedingt, dass besonders schöne und grosse Stücke ohne Rücksicht auf die Mineralspecies, der sie angehören, nicht selten höher geschätzt werden, z. B. sehr schöne Chrysolithe, Turmaline, namentlich aber Opale, welche mit schönem Farbenspiel ausgestattet sind; diese werden so theuer, wie die guten Korunde bezahlt. Letztere aber erreichen in grossen, schön gefärbten und vollkommen durchsichtigen Krystallen nicht selten den Werth von Diamanten. Für die Berylle ist die Farbe von grosser Wichtigkeit, indem tief grüne, fehlerfreie Stücke (Smaragde) manchmal den Korund an Werth übertreffen, die blassen Stücke (Aquamarine) aber, selbst wenn sie gross und klar sind, nicht sehr hoch im Preise stehen. In anderen Fällen spielt die Mineralart (der Härte halber) eine Rolle; so erlangt der Spinell, selbst wenn er als Rubis balais gleiche Farbenschönheit und Klarheit zeigt, nie den Werth des Korundes (Rubins); auch Topase und Granaten bleiben stets im Preise zurück. Die vollkommene

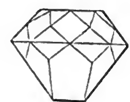


Fig. 73. Brillantschliff in der Ansicht von der Seite.

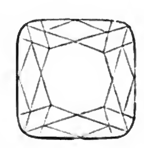


Fig. 74. Brillantschliff in der Ansicht von oben.

Klarheit, (je nach dem Grade reinstes oder erstes, dann 2tes, endlich 3tes Wasser genannt) ist für volle Werthschätzung unerlässliche Bedingung. Obgleich häufiger, als die ihm zunächst aufgeführten Edelsteinarten, bestimmt doch der Diamant immer den Marktpreis der Edelsteine, und namentlich sind es die nach besonderem Princip mit vielen Facetten geschliffenen, den Glanz besonders schön darstellenden, zugleich aber den oktaëdrischen Krystallflächen und Spaltflächen des Diamanten theilweise entsprechenden Brillanten (Fig. 73 in einer Art von der Seite und Fig. 74 in etwas anderer Gestalt von oben gesehen), welche der Werthbestimmung zu Grunde gelegt werden. Ein Brillant, welcher das Gewicht der für Edelsteine angenommenen Einheit, eines Karates à 205 Milligramm [1]), besitzt, wird bei tadelloser Beschaffenheit bis zu 240 Mark, im Mittel aber etwas geringer bezahlt; die Angaben schwanken von etwa 180 Mark an. [2]) Der Werth nimmt

1) Eigentlich $^1/_{72}$ Loth nach altem Gewichte.

2) Oder doch wenig darunter. In den Lehrbüchern findet man meist ziemlich hohe, nicht immer mit den mitzutheilenden, noch mit einander

von einem Karate nach aufwärts nicht im Verhältnisse des Gewichtes, sondern in dem Verhältnisse des Quadrates des Gewichtes zu; ein Brillant von 2 Karat kostet daher das Vierfache eines gleich guten von 1 Karat u. s. w. Die Grösse eines Brillantes von 1 Karat ist etwa die, dass seine abgerundet viereckige mittlere Fläche (Rand, Rundiste) $5^1/_2$ Millimeter breit und lang ist; Fig. 74 stellt einen 50karätigen Stein in natürlicher Grösse dar. Unter einem Karat ist die Abnahme des Werthes geringer; so kostet ein Brillant von $^1/_2$ Karat nicht ein Viertel, sondern $^3/_8$ des obigen Werthes, einer von $^1/_{16}$ Karat etwa $^1/_{24}$ desselben. Von 8—10 Karat an aber ist die Steigerung noch etwas rascher, namentlich aber von 15 bis 20 Karat an, von welcher Grösse die Diamanten und Edelsteine überhaupt sehr selten werden; die einzelnen Exemplare von 40 Karat und darüber haben sogar ihre eigene Geschichte, wie z. B. der schönste der grossen Diamanten im französischen Kronschatze, der Pitt oder Regent von $136^1/_2$ Karat, der ostindische Kohinoor im englischen

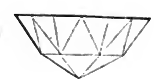


Fig. 75. Rosettenschliff in der Ansicht von der Seite.

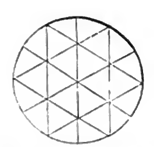


Fig. 76. Rosettenschliff in der Ansicht von oben.

Schatze, jetzt von 106 Karat, die russischen Krondiamanten, Grossmogul von $194^3/_4$ Karat u. a. m., von denen freilich die letzteren keinen Brillantschliff zeigen, sondern einerseits ebene Flächen, anderseits Facetten, etwa der zweiten Schleifart entsprechend, welche Fig. 75 von der Seite und Fig. 76 von oben darstellt, der der Rosetten. Eine Rosette von 1 Karat hat etwa $6^1/_2$ Millim. Durchmesser und würde eine Rosette von der in Fig. 76 dargestellten Grösse 30 Karat wiegen. Eine Rosette gilt immer höchstens $^4/_5$, oft kaum $^2/_3$ des Werthes von einem gleich guten und gleich schweren Brillant. Noch geringer ist der Werth der meist mit grossen oberen und unteren Flächen (Tafel und Kalotte) versehenen Tafelsteine, welche Schleifart nur bei Steinen geringer Dicke angewandt wird; ihr Preis ist kaum die Hälfte des Werthes eines sonst gleichen Brillanten, bis zu $^1/_3$ desselben hinunter, und nicht mehr als $^3/_4$ einer gleich guten Rosette.

harmonirende Werthe; die englischen Angaben sind etwas geringer als unsere. Centralpunkt des Diamanthandels ist Amsterdam.

Von den sonstigen, meist veralteten Schliffformen kommt, wenn auch nicht für Diamanten, doch für Granaten und Türkisen noch der muglige Schliff (en cabochon) in Betracht, der eine runde und eine flache Fläche gibt; derselbe ist in Fig. 77 und 78 dargestellt. Das Schleifen vermindert das Gewicht eines Steines um 33 bis 50 Procent; daher schreibt sich die einfache Regel zur Werthbestimmung roher, aber schleifbarer Diamanten, dass sie gleich einem halb so schweren Brillant zu setzen sind. Rohe Karatsteine werden, da es sich häufig um Besonderheiten der Krystallform handelt, von 40 bis 90 Mark angegeben; sind sie nicht schleifbar, so hält sich der



Fig. 77. Mugliger Schliff von oben.



Fig. 78. Mugliger Schliff von der Seite.

Preis immer nahe der unteren Grenze. Die Einzelheiten des Schleifens, das im Oriente seit uralter Zeit angewandt, in Europa erst 1475 erfunden, hier aber bald zu grosser Vollendung gediehen ist [1]), bestehen darin, dass man zunächst den Diamanten — nach seinen Oktaëderflächen, nach denen er stets, in manchen Sorten, z. B. in denen vom Cap, sogar oft in unangenehm hohen Grade, spaltbar ist — spaltet, dann die übrigen Flächen mittels Aneinanderreiben zweier Diamanten in vorgeschriebener Lage scheidet, d. h. unter Entfernen des Ueberschusses (Staubes) wesentlich in ihrer richtigen Lage herstellt, endlich sie polirt. Was die Farbe u. s. w. der Diamanten anlangt, so giebt der wasserhelle die Grundlage der Taxate ab; sehr schöne rothe und grüne sind noch theurer, blaue und schwarze aber nur der Seltenheit halber als Raritäten geschätzt. Gelbe, braune und rauchgraue stehen erheblich geringer im Preise, als die wasserhellen. Das Vorkommen des Diamanten ist, soweit es technisch wichtig, auf secundäre Lagerstätten (Seifengebirge) beschränkt. Die Gewinnung aus dem Itacolumit, in welchem man in Brasilien Diamanten eingewachsen fand, hat sich als nicht rentabel ergeben; dagegen sind die Vorkommnisse in losem Sande und Gerölle in Ostindien, auf dem Plateau von Dekkan, auf Borneo und Sumatra (diese 3 Fundstätten liefern die schönsten, Ostindien auch die grössten Exemplare), in Brasilien (Minas Geraes), auch am Ural (Krestowosdwischensk) und in Nordcarolina und Georgia, Mexico, Californien, Arizona, Australien

1) Um 1500 ward ein Entaglio, Kopf eines Kirchenvaters, in einem Diamant angefertigt, welcher sich im päpstlichen Schatze befindet.

(Sikatlory) und besonders am Cap der guten Hoffnung (nahe der Grenzen der Transvaalrepublik und bis an den Limpopo) um so

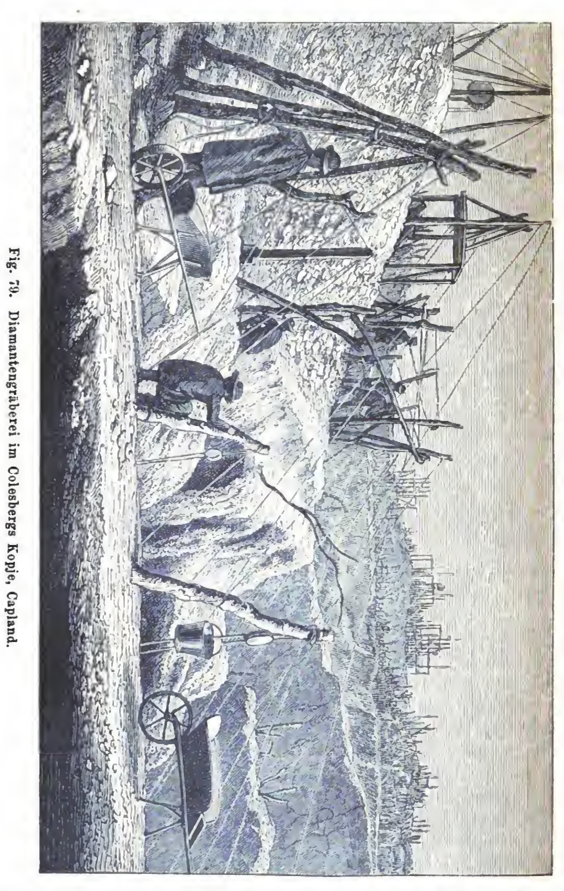


Fig. 79. Diamantengräberei im Colesbergs Kopje, Capland.

wichtiger. Die Diamantenausbeutung in letzterem, für den Handel jetzt neben Brasilien wichtigsten Lande veranschaulicht Fig. 79.

Die übrigen Edelsteine, die theils mit den Diamanten oder doch in ähnlicher Weise (Ostindien, Ceylon, Sundainseln, Brasilien, Peru für Smaragde, Ural u. s. w.), theils aus ihrem Muttergestein (Granaten, Topase u. a. m.) gewonnen werden, kommen meist nicht unter ihrem mineralogischen Namen, sondern nach der Farbe benannt in den Handel. Die Korundvarietäten, in fast allen Farben auftretend, erhalten neben der von der Färbung hergenommenen Bezeichnung meist das Beiwort „orientalisch“. So ist (echter) orientalischer Amethyst ein violettblauer Korund u. s. w. Man setzt im Mittel die rein karminrothen Korunde zu 50 Mark à Karatstein (Brillant) oder höchstens $^1/_3$ des Werthes sonst gleicher Diamanten an; sind sie jedoch sehr gross (von 3 bis $3^1/_2$ Karat) und von schön rother Farbe (Rubin), so können sie den Werth gleich schwerer Diamanten erreichen und selbst etwas übertreffen (etwa 200 Mark à Karatstein). Sechskarätige sind unverhältnissmässig theuer (angeblich über 20,000 Mark). Zum Theil rührt dies von der grossen Seltenheit grösserer Stücke von wirklich reinstem Wasser her; die meisten haben Trübungen. Viel billiger sind die blauen Korunde (Saphire), die man bei 10 Karat Gewicht nur zu etwa 1000 Mark schätzt; ihnen reihen sich die violetten (orientalischen Amethyste), die blaurothen (orientalischen Almandine), die grünen, gelben, hyacinthfarbenen, wasserblauen und farblosen (die Leucosaphire) der Reihe nach an. Ueber die Smaragde und sonstigen Berylle, denen der seltenere und härtere (Härte $8^1/_2$ statt $7^1/_2$ bis 8 des Smaragds) Chrysoberyll bei sonst gleichen Eigenschaften noch an Werth voransteht, ist bereits das Nöthige bemerkt; ebenso über die Spinelle, unter welchen nur der rothe in Betracht kommen dürfte. Die Zirkone geben den Hyacinth und werden sehr häufig bei der Anfertigung von Uhren benutzt, obwohl ihre Härte nur $7^1/_2$ ist; selbst gut gefärbte und wasserhelle Stücke von ihnen fallen gegen alle früheren (ausser den noch schlechter bezahlten blass gefärbten Beryllen) bereits sehr bedeutend ab. Noch mehr gilt dies von den sehr häufigen, namentlich in Brasilien in grossen Mengen (700—900 Kilogramm pro Jahr) gewonnenen Topasen, meist goldgelb (brasilianischer Goldtopas) oder doch gelblich, aber auch roth (rosenroth, als brasilianischer Rubin) und blau (als brasilianischer Saphir) gefärbt. Auch sibirische (hellblau, wasserhell u. s. w.), sächsische (aus Schneckensteiner Topasfels, daher Schneckentopas genannt, weingelb) kommen in ziemlicher Menge in den Handel und verkaufen die Schleifer letztere an Ort und Stelle in der durchschnittlichen Grösse von 1 — 2 Karat fertig geschliffen für ungefähr 1 Mark. Der Topas, der die Härte 8 und das Gewicht des Diamants (3,55) hat, wird vielfach für andere, werthvollere Steine ausgegeben; auch wird er manchmal geglüht, wodurch insbesondere dunkle, bräunliche brasilianische Topase eine hellrothe Farbe zu bekommen pflegen. Der Tur-

malin (Härte 7 bis $7^1/_2$), viel wichtiger als Instrument für Polarisationsapparate (Turmalinzangen u. dgl.), ist wegen seiner dunklen und dabei ansprechenden (grünen, blauen, rothen) Farben nicht unbeliebt und steht jedenfalls dem Granat voran, der nicht selten noch weicher ist und in seinen zahlreichen Varietäten ausserordentlich häufig vorkommt. Die böhmische Granatenindustrie (welche sich übrigens gelegentlich auf viele andere Mineralspecies erstreckt) ist ziemlich ausgedehnt; Ceylon, Pegu, Brasilien liefern daneben die Hauptmarktplätze; auch in Schottland (Elie) und in Norwegen kommen Granaten vor, hier jedoch nicht verwerthet. Im Allgemeinen entnimmt man sie dem Muttergestein, besonders krystallinischen Schichtgesteinen mannigfacher Art, mitunter auch dichtem Granatfels (theilweis in Böhmen). Schöne Exemplare werden wohl für Rubine ausgegeben. Die Farben und demzufolge Namen (Pyrop, Almandin oder Karfunkel, Canelstein, Colophonit, roth oder röthlich, der olivengrüne Grossular, der gelbe Topazolith, der dunkelgrüne Uwarowit oder Chromgranat vom Ural, Himalaya u. s. w., der wasserhelle Granat von Telemarken) sind sehr zahlreich. Dass der edle Opal an Werth ausserordentlich wechseln kann, ist schon bemerkt; die minder ausgezeichneten Stücke rangiren mit Granat oder Topas, und annähernd gilt dies auch von allen andern oben genannten Mineralarten, von denen der Cordierit (Dichroït, Jolith) den sogenannten Luchssaphir von Ceylon (im Trümmergestein), bläulich mit Farbenwechsel nach verschiedenen Richtungen, liefert, der (gleich dem folgenden meist auf ursprünglicher Lagerstätte gefundene) Vesuvian aber meist grün, gelblich und bräunlich ist. Der nelkenbraune bis pfirsichrothe Axinit kommt wohl nur gelegentlich, auch der grüne, meist blassblaugrüne Diopsid wenig, der Chrysolith (goldgrün, von Brasilien, Oberägypten) und der Cyanit (lebhaft blau, doch wohl nie rein durchsichtig) schon etwas häufiger als Schmuckstein in Anwendung.

Was die Bereitung von Stoffen zu Ueberzügen anlangt, so ist hier von den Metallüberzügen, vom Verzinnen, Vergolden u. s. w., mag dies durch Hitze oder auf galvanischem Wege erzielt werden, von den in der Glas- und Thonindustrie angewandten Farben (s. Kap. 1), sowie von der Bereitung der Farben aus den im 2. Kapitel aufgezählten Metallen abzusehen, aus denen grüne (Kupfer), blaue (Kupfer, Kobalt, Eisen zu Berliner Blau), schwarze (Eisen zu Dinte, Mangan), rothe (Quecksilber, Eisen, Blei, Chrom), purpurrothe (Zinn und Gold), braune (Eisen, Mangan), gelbe (Antimon, Arsen), orangefarbene (Eisen) und weisse (Blei, Zink) hergestellt werden. Als wichtig für die Farbenindustrie, zur Herstellung gelber, rother und grüner Farben, ist das Chrom, für gelb auch das Kadmium hervorzuheben. Der Röthel, einschliesslich der Rothkreide, die Umbrafarben, der Oker, obwohl hauptsächlich aus Eisen (Umbra zugleich aus Mangan) be-

stehend, bilden durch den Bol den Uebergang zu den nichtmetallischen Farben, da sie meist mit andern Substanzen gemengt auftreten. Der Bol ist lebhaft roth (armenischer Bolus), dunkelroth (der von Sinope), gelbroth (der von Lemnos, der schlesische), rothgelb (der böhmische), blassroth (der französische), blassgelb (der von Blois). Ausserdem sind Kreideweiss (von Meudon), natürliches Ultramarin (jetzt ausser Gebrauch, weil künstlich bereitet, früher durch Pulvern des Lasursteins hergestellt), endlich das aus Bitumen hergestellte Schwarz und das Kasseler Braun, aus besonders schön gefärbter, zimmtbrauner Braunkohle fabricirt, zu nennen. Die Gewinnung vom Kasseler Braun wird ziemlich lebhaft betrieben, während man früher dasselbe Material aus der niederrheinischen Braunkohle gewann und als (echte) Kölnische Umbra in den Handel brachte. Von Materialien, mit welchen man Farbstoffe mengt, um färbende Pasten herzustellen, kommen Thon und Talk (aus welchem fast durchgehends die Schminke bereitet wird) hinzu, von mineralischen Stoffen, aus denen firnissartige Ueberzüge bereitet werden, Bernstein und (für dunkelfarbige) Asphalt, letzterer auch als Bestandtheil des schwarzen Siegellacks. Die Schreibkreide wird theils aus Kreide direkt in Stücken hergestellt, theils aus geschlemmtem Kreidepulver angerührt und getrocknet. Derselbe Unterschied findet bei der Anfertigung von Bleistiften (aus Graphit, der daher den Namen Reissblei führt) statt; die künstlich aus Graphitpulver und Thon gemengten bilden die überwiegend grosse Menge und lassen sich durch Brennen u. s. w. leicht in den verschiedensten Härtegraden herstellen, was bei den natürlichen — früher aus England von Borrowdal in Cumberland, jetzt hauptsächlich aus Sibirien importirt — nicht so leicht zu bewerkstelligen ist. Die Ofenschwärze und der Pottloh, ein werthvolles Material zu Ueberzügen über leicht oxydirende Stoffe [1]), besteht ebenfalls aus Graphit, der demnach eines der nützlichsten der hier aufzuzählenden Materialien ist. Die natürliche Schwarzkreide ist ein stark mit Kohle versetzter Thonschiefer, mitunter auch ein Graphitschiefer mit thonigen, weichen Beimengungen. Sie wird aber auch in viel jüngeren Bildungen des Schichtgebirges, z. B. an einigen Punkten im Osnabrückschen in der Juraformation (im oberen Lias) gewonnen. — Die Schiefertafeln und Schieferstifte bilden eine ferner hierher zu zählende Gruppe von Mineralstoffen, deren Anfertigung besonders im Thüringer Walde betrieben wird. Jene Tafeln stellt man aus Schiefern her, welche in höherem Grade durch kohlige Partien dunkel gefärbt und nicht zu weich sind; die Griffel werden aus ähnlichen, minder fein schiefernden, aber zu-

1) Anstriche von Eisen zu Brückenpfeilern und andern dem Rosten ausgesetzten Gegenständen sollte man nie aus Eisenoxydfarben bestehen lassen. Der Graphit empfiehlt sich grade für solche Fälle in hohem Grade.

gleich quer spaltenden Schieferschichten erst roh in viereckigen Prismen hergestellt, dann mit der Hand achteckig abgekantet, endlich (neuerdings) rund gedreht. Sie müssen weicher sein, als die Tafeln und giebt ihr Strich die hellen Linien, welche Schrift und Zeichnung auf den Tafeln darstellen. Die Griffel sind bisher noch nicht künstlich ersetzt, während man die Tafeln mehr oder weniger glücklich nachzuahmen versucht hat.

Eine Industrie eigener Art ist die Herstellung der lithographischen Platten (der sogenannten lithographischen Schieferplatten) aus sehr feinkörnigen Kalken des oberen Jura (s. S. 95), ein Vorkommen, das eigentlich zu dem ganzen Verfahren des Lithographirens die Veranlassung gegeben hat. Man zeichnet bei demselben die Zeichnung einfach mit einem aus schwarzem Farbstoffe, Stearin- und Wachsstoff und Seife gemengten Stifte oder mit einer ähnlichen Flüssigkeit mittels einer Feder im Spiegelbilde auf den Stein, benetzt dann denselben mit Wasser und überzieht die noch feuchte Fläche mit Druckerschwärze. Diese haftet nicht an der feuchten reinen Steinfläche, wohl aber an den Schwarzstifttheilen, welche ihres Fettgehaltes halber die Feuchtigkeit nicht anzunehmen im Stande waren, und kann man daher auf die einfachste Weise eine Zeichnung vervielfältigen. Kommt es nicht auf künstlerische Vollendung an, die sich erfahrungsmässig mit dieser Art graphischer Darstellung nicht recht hat vereinigen wollen, so ist die Lithographie, die man übrigens auch mit anderen Manieren (Farbendruck, Photographie) erfolgreich combinirt hat, ein werthvolles Mittel zu leichter und rascher Herstellung billiger Illustrationen, und ist dieselbe insbesondere wissenschaftlichen Werken vielfach zu Gute gekommen. Die Herstellung der Zeichnung bleibt immer von dem gleichmässigen und feinen Korne der Platten abhängig, daher auch bis jetzt kein künstlicher Ersatz geschaffen ist. Die besten Platten liefert ohne Frage Solnhofen, dessen Brüche Figur 80 zur Anschauung bringt. Die hier gebrochenen Platten, sorgfältig sortirt und formatisirt — nebenbei auf Versteinerungen ausgebeutet, die öfter schon hohe Preise erzielt haben[1]) und vielfach in ganzen Folgen in die Sammlungen wandern —, durch die ganze Welt exportirt, haben eine helle, okerartige Farbe. Aehnliche Platten, meist jedoch in zu geringer Quantität und Qualität, um eine Verwerthung auch nur annähernd in ähnlicher Weise, wie bei Solnhofen, zuzulassen, kommen in demselben Niveau zu Nusplingen in Würtemberg, bei Cirin im Ains-Departement, bei Verdun im Maas-Departement, bei Solothurn und bei der Insel (Halbinsel) Portland in Südengland vor. Bei Nusplingen hat man die geringe Zahl besserer Platten überhaupt nicht ausgebeutet, in

1) Der fossile Vogel, bis jetzt in 2 Exemplaren u. a. m.

Frankreich jedoch in kleinerem Maassstabe nicht ganz schlechte Resultate erzielt. —

Da es eine blosse Wiederholung wäre, wenn wir die dem Bildhauer aus dem Mineralreiche gelieferten, sämmtlich auch im ersten Kapitel dieses Abschnitts besprochenen Stoffe nochmals aufzählen

Fig. 80. Bruch der lithographischen Platten von Solnhofen.

wollten, so schliessen wir hier die lange Reihe der Mineralstoffe, welche noch neben der Bau- und Bergindustrie in Betracht kommen, eine Reihe, deren zahlreiche und theilweise bedeutende Glieder schon an und für sich der Geologie eine gewisse Bedeutung für unser industrielles



Leben sichern würden, wenn sie auch den in den übrigen Kapiteln dieses Abschnittes behandelten Zweigen der Technik gegenüber zurücktreten.

Viertes Kapitel.

Die landwirthschaftliche Verwerthung des Bodens.

Ohne Zweifel ist die ausgedehnteste und wichtigste Anwendung der Geologie auf die Technik die landwirthschaftliche im weiteren Sinne, zu der also nicht nur die Ackerwirthschaft an sich, sondern auch die Garten-, Obst- und Weincultur und namentlich die Forstcultur gehört. Diese Anwendung hat allerdings eine besondere anwandte Wissenschaft, die Bodenkunde, erzeugt; allein dieser Theil der technisch-angewandten Geologie, ohne welchen das ganze Bild derselben unvollständig sein würde, darf um so weniger wegfallen, als die Literatur über die Bodenkunde, so Erspriessliches über viele Einzelheiten sie gefördert hat, doch keineswegs zu einem wirklich klaren Abschlusse gediehen ist[1]). Zudem stehen, wie einige der in den vorigen Kapiteln abgehandelten Gegenstände es beweisen, die übrigen Zweige der technischen Geologie in innigster Verbindung mit der Landwirthschaft.

Der Boden, der Gegenstand der Bodenkunde oder, wie man sie mit fremdem Namen zu belegen beliebt hat, der Pedologie, ist die oberste Schicht der Erdrinde, sofern sie locker, zur Aufnahme der Pflanzenwurzeln geeignet ist. Ausgeschlossen sind daher die festen Felsen, die hauptsächlich an Steilhängen zum Vorschein kommen, an welchen der Boden keinen genügenden Halt und Schutz gegen die abschwemmenden Wässer findet; ferner aber alle wirklich vom Wasser bedeckten Theile der Erdoberfläche, und darf man selbst von

---

1) So anerkennenswerth manche der älteren Werke, z. B. von v. Bennigsen-Förder, sowie von neueren Arbeiten Oemler (landwirthsch. Bodenkunde), Dettmer (naturw. Grundlagen der Bodenkunde) u. A., und ganz besonders die hierher schlagenden Arbeiten Senft's (z. B. Steinschutt und Erdboden; Fels und Erdboden als Theil der in München herausgegebenen „Naturkräfte") auch sind. Von specielleren Arbeiten sind die Bodenanalyse von Alb. Orth, die unten noch zu berührenden Bodenkarten, die Bodentaxation von K. Birnbaum (in der Thaerbibliothek) hervorzuheben.

Sumpfboden nur dann sprechen, wenn die Bedeckung mit Wasser eine unterbrochene ist, wenn also einzelne Stellen frei von Wasser oder doch nicht vollständig durch dasselbe bedeckt sind, oder wenn eine zeitweilige Entblössung stattfindet. Die Fortsetzungen der festen Erdrinde unter den süssen Wässern oder dem Meere, der Meeresboden, der Grund der Flüsse u. s. w., sind so lange ausgeschlossen, als nicht eine Ableitung oder Abdämmung des Wassers ausgeführt ist oder in Frage kommt.

Im Laufe der Geschichte der Erde sind Veränderungen des Niveaus von Land und Meer im grössten Maassstabe vor sich gegangen, und ist im ersten Abschnitte (z. B. bei Besprechung der Diluvialzeit) von solchen Vorgängen auch in unserm Vaterlande die Rede gewesen. Dasselbe gilt von Süsswasserbecken, von Flussläufen, indem jene einen vertieften Abfluss, diese eine veränderte Abflussrichtung bekommen konnten; auch derartige Erscheinungen verzeichnet die Erdgeschichte in Menge. Was daher Absatz im Meere, in Binnenseen, in Flüssen war, konnte und musste unter gewissen Verhältnissen Boden werden; ebenso wie umgekehrt Boden unter das Wasser versenkt werden konnte. Diese Veränderung hat oft auch hinsichtlich der Beschaffenheit des Bodens gewisse Folgen; die Bedeckung mit Wasser kann demselben gewisse im Wasser gelöste Stoffe zuführen, ihn z. B. mit Kalk imprägniren, und ihn dadurch festigen, zu Gestein umwandeln. Nehmen wir nun noch darauf Rücksicht, dass sämmtliche festen Gesteine durch die chemischen Einflüsse der Natur, durch die Verwitterung, mürb gemacht und zu Boden werden können (vgl. Abschn. II, Kapitel 1 zu Eingang), so finden wir eine fortdauernde Wechselbeziehung zwischen Boden und Gestein, indem beide durch die unablässig auf der Erde thätigen Kräfte in einander verwandelt werden können. Hier die Verwitterung, welche gradezu als Contactwirkung der Luft, insbesondere ihres Sauerstoffes und der in ihr enthaltenen Beimengungen an Wasser und Kohlensäure aufgefasst werden kann, und an welche sich dann die mechanische und sonstige physicalische Wirkung des Wassers, besonders des aus der Luft niedergeschlagenen und dann thalwärts strömenden „süssen“ Wassers und drittens die für den Boden äusserst wichtige Einwirkung der organischen Welt knüpft [1];

---

1) Eine speciellere Ausführung der Wirkungen dieser drei sich auf's Vielseitigste combinirenden bodenbildenden Kräfte erscheint hier um so weniger geboten, als sie ganz dieselben Kräfte sind, welche überhaupt sedimentäre Bildungen schaffen. Es muss indessen auf die vorragende Wirkung des Zerfrierens aufmerksam gemacht werden, welches allein schon einen wesentlichen Vorzug der Klimate mit kälterem Winter vor den warmen hinsichtlich der Ackererde bedingt, während ein fernerer Vorzug darin liegt, dass die chemischen Wirkungen relativ ruhen, und dass somit eine winterliche Ansammlung von Humus und andern organischen Stoffen herbeigeführt wird.

auf der anderen Seite die Abschwemmung der verwitterten Stoffe, ihr Zusammenschwemmen und endlich unter bestimmten Bedingungen das Wiederfestigen der zusammengeschwemmten Theile.

In diesem Kreislaufe theilt sich der Boden von vornherein in wesentlich zweierlei Arten ein, deren wichtige Unterschiede in vielen Einzelheiten im Folgenden fast durchgehends hervorzuheben sein werden, in solchen Boden, der aus verwitterten und an Ort und Stelle verbliebenen Gesteinstheilen besteht, in den sogenannten Grundschutt und angestammten Boden, und in den sogenannten Fluthschutt oder angeschwemmten Boden, dessen Bestandtheile vom Wasser aus ihrer ursprünglichen Lage, aus der Stelle, wo sie durch Verwitterung entstanden, weggeführt und an anderen Stellen zusammengetragen sind. Dem Fluthschutt reiht sich der Boden direkt an, welcher, wie der Wüstensand u. s. w., oder wie der in Figur 4 (S. 105) dargestellte Löss, durch die Winde transportirt ist.

Hinsichtlich der Bestandtheile, aus welchen beiderlei Bodenarten entstehen, findet allerdings kein durchgreifender Unterschied statt; jede der beiden Hauptabtheilungen sondert sich nach dem Vorwiegen dieses oder jenes Stoffes — unter denen in beiden Fällen nur wenige als wichtig sich herausstellen — in ziemlich gleichwerthige Unterabtheilungen. Allein beim Grundschutt (dessen Lagerungsverhältnisse Figur 17, S. 128 schematisch darstellt) ist eines Theils die Mengung der Bestandtheile durchaus abhängig von dem Gestein, aus welchem derselbe entstand, oder wie man es nennt, vom Grundgebirge (Sohlengebirge, Sohle), so dass Stoffe, welche diesem fremd sind, auch nicht in den darüber lagernden Oberboden oder, wie man im vorliegenden Falle meist sagt, in die Decke (Bodendecke, Deckengebirge) übergehen können. Andern Theils aber gehen die Bestandtheile des Grundgebirges doch stets in gewisser Menge unzersetzt und halbzersetzt in die Decke über, und ist daher im Gegensatze zum Fluthschutt meist leicht zu ermitteln, aus welchem Sohlengebirge der Grundschuttboden stammt. Beim Fluthschutt bilden sich stets gleichmässige, zusammenhängende Lagen von „Oberboden“, die sich über ebenfalls gleichmässigen „Unterlagen“ ausbreiten, ihrer Zusammensetzung nach aber völlig unabhängig von denselben sind. Vielmehr zeigt sich sehr häufig, dass — in Folge einer Aenderung der Ablagerungsverhältnisse an einer bestimmten Stelle — sehr abweichende Lagen, und nicht immer blos in einfachem, sondern öfter auch in mehrfachem Wechsel, sich über einander bilden, Thon über Kies, oder Sand über beiden u. s. w. Ferner ist es ganz erklärlich, dass die Endproducte der Zersetzung der Mineralstoffe im Fluthschutt in noch höherem Grade die Oberherrschaft haben, dass die sonstigen Beimengungen mehr zufälliger Art und weniger wesentlich, oder doch örtlich beschränkt und von besonderen Verhältnissen der Ablagerung abhängig sind.

So mannigfach nun der Boden nach seiner Entstehung, seiner Ablagerungsweise und Gliederung und — wie sich im Verlaufe zeigen wird — seiner Zusammensetzung auch ist, immer hat er im Wesentlichen dreierlei Formbestandtheile aufzuweisen, welche wegen ihres sehr verschiedenen Verhaltens getrennt zu betrachten und daher auch getrennt zu untersuchen sind: Das Bodenskelett, die Feinerde und die Bodenlösung. Das Bodenskelett besteht aus allen gröberen, d. h. im Mittel über 0,05 Millim.[1]) im Durchmesser haltenden Stücken. Die Eintheilung der Skelettbestandtheile nach ihrer Grösse (bei welcher der Durchmesser einer gleich schweren Quarzkugel für alle als maassgebend angesehen wird) ist dieselbe, wie sie für die Trümmergesteine (S. 8) angegeben ist. Die gröberen Stücke, zu denen man auch die allergrössten rechnen muss, sind beim Grundschutt immer nur Stücke des Sohlengebirges oder seiner Theile, oft ziemlich scharfkantig, in mancherlei Weise angewittert; beim Fluthschutt sind es vorwiegend gerollte Stücke, gerundete Sandkörner u. s. w., und grade unter diesen sind, wie mehrfach betont, die aus Quarz bestehenden vorherrschend. Die Feinerde theilt man wohl noch in die feinsten Theile, unter 0,01 Millimeter, und in die mehl- und staubsandartigen (schluffartigen) von 0,01 bis 0,05 Millim. Durchmesser, welche beiden Kategorien sich noch in derselben Weise von einander trennen lassen, wie die Feinerde überhaupt vom Skelett und wie die feinen Skeletttheile oder Sande von den gröberen, nämlich durch den — für jede Bodenuntersuchung überaus wichtigen — Schlemmprocess. Derselbe beruht einfach darauf, dass die leichteren Bestandtheile länger im Wasser suspendirt bleiben, mit dem sie gemengt, von welchem sie also aufgerührt und mitgenommen sind, und dass die schwereren um so rascher niedersinken, je schwerer sie sind (ein bereits bei der Aufbereitung der Erze benutztes Verhalten, das zugleich die Verhältnisse der Flussablagerungen, überhaupt die Entstehung aller Gesteine und Absätze im Wasser in hohem Maasse beeinflusst). Wird nun eine Bodenart, die man nach vorherigem Trocknen und Sieben von den gröbsten (über 5 Millim. Durchmesser haltenden) Theilen befreit hat, mit Wasser gemengt, so senken sich die gröberen Theile ziemlich rasch und lassen die feineren als trübe Flüssigkeit zurück. Diese Trübung wird als abgeschlemmte Masse untersucht, der Schlemmrückstand kann, getrocknet und gesiebt, noch durch Siebe von verschiedener Feinheit (gewöhnlich aus Messing, entweder aus Blech mit runden Löchern oder aus Drahtgeflecht) getrennt werden, etwa in Theile bis 0,5 Millim., dann bis 1 Millim., von 1 bis 2, 2 bis 3, 3 bis 5 Mm. Durchmesser. Dieses einfachste Verfahren stellt man zweckmässiger Weise in einem

1) Nach den neueren Arbeiten, z. B. von Alb. Orth. Andere bestimmen die Feinerde schon von 0,1 Millim. an abwärts, während Orth zwischen 0,1 und 0,05 Mm. den „sehr feinen Sand“ stellt, vgl. S. 8.

Cylindergefässe an, das in einer gewissen Höhe über dem Boden mit einer verschliessbaren Ausflussöffnung versehen ist[1]). Ein schmaleres (bei 28 Ctmr. Länge nur etwa 1,8 Ctmr. im Lichten weites) Cylindergefäss, beiderseits offen, an der einen Seite verstöpselt, an der andern mit einer etwa 10 — 12 Ctm. hohen, am Boden 6 — 7 Ctm. weiten, am Halse dem Rohre entsprechenden Flasche wasserdicht (durch Gummiröhren) verbunden, der Länge nach so eingetheilt, dass jeder Theilstrich auf der Länge einem Cubikcentimeter entspricht, giebt den Bennigsen'schen Schlemmapparat. Derselbe setzt indessen ein Aussieben aller über 1 Mm. Durchmesser haltenden Theile und ein Kochen des ausgesiebten Bodens (das übrigens in allen Fällen anzurathen) voraus. Der zu Boden sinkende, aus Theilen über 0,1 Millim. Durchmesser bestehende Schlemmrückstand lässt sich durch fortgesetztes Abgiessen und Wiederschütteln reinigen und getrennt untersuchen; den abgegossenen Schlemmboden sammelt man, wie im vorigen Falle das abgelassene Quantum, auf dem Filter. Die angegebene Grösse des Apparates ist für die Untersuchung von jedesmal 10 Gramm Boden berechnet. Genauere Scheidungen der Theile von verschiedener Grösse geben die Schlemmapparate, bei welchen ein regulirbarer Wasserstrom unten in ein konisches, oben breiteres Gefäss eingeleitet wird und an der oberen Seite wieder ausströmt; je nach seiner Geschwindigkeit sind die von ihm fortgerissenen Theilchen grösser oder minder gross. Die beiden beliebtesten Apparate dieser Art sind der von Nöbel und der von Schöne. Ersterer besteht aus 4 Gefässen, in welche nach einander derselbe Strom tritt; diesen stellt man dadurch her, dass man (für die Untersuchung von jedesmal 100 Gramm) ein 9 Liter haltendes Gefäss, entsprechend höher gestellt, als die Schlemmgefässe, sich durch Ausflussröhren in 40 Minuten leeren lässt. Von den 4 Gefässen ist das erste oben 3 Centimeter breit, 4 Ctm. hoch; das zweite hat doppelte Höhe und Breite, das dritte dreifache, das vierte vierfache, so dass der Cubikinhalt sich wie 1 : 8 : 27 : 64 verhält. Die Geschwindigkeit des Stromes, welcher durch die Gefässe hindurchgeht, wird daher sehr beträchtlich gemindert, und bleibt im letzten nur der feinste Schlemmrückstand, in den andern finden sich allmählig immer gröbere, im ersten gewöhnlich nur wenige der gröbsten Stücke. Noch zweckmässiger ist der Schöne'sche Apparat, nur aus einem, unten 0,45 Centimeter, oben 4,5 bis höchstens genau 5 Ctm. weiten, 60 Ctm. hohen Gefässe[2]) bestehend, dem mit der Bodenprobe zu

1) Für 50 Gramm Boden sind 8 Ctm. Durchmesser haltende Cylindergefässe passend, welche auf 5 Ctm. vom Boden eine 2 Ctm. weite Ausflussöffnung bei etwa 28 Ctm. totaler Höhe haben.

2) Die obersten 10 Ctm. sind cylindrisch; unter ihnen findet erst die Verjüngung statt. — Der unten erwähnte Wasserkasten hat nach Schöne 5 Decimeter Länge, $2^1/_2$ Dcm. Breite, 2 Dcm. Höhe.

füllenden Schlemmtrichter, in welchen ein 0,45 bis 0,5 Ctm. weites Rohr den Wasserstrom aus jeder beliebigen Wasserleitung oder aus einem hoch angebrachten Wasserkasten einleitet. Ein Durchlaufhahn kann aber die Schnelligkeit des Stromes mindern, die nun zugleich die Geschwindigkeit in dem (mit dem Einlaufrohr nicht ganz gleichen, vielmehr möglichst genau 0,3 Ctm. oder 3 Millim. weiten, am oberen Ende des Gefässes angebrachten) Abflussrohre bedingt. Dies steigt zunächst eine kurze Strecke senkrecht auf, ist dann gebogen und geht etwas tiefer schräg nach abwärts; alsdann ist es wieder nach oben gebogen und von da noch etwa 100 Ctm. hoch. Am tiefsten Punkte, dem letzterwähnten Biegungspunkte, befindet sich ein rundes Loch von 0,15 Ctm. Durchmesser, die eigentliche Abflussöffnung, aus welcher man in grossen Bechergläsern das mit Schlemmmasse vermischte Wasser auffängt. Von dem Centrum dieses Loches nach aufwärts ist nun der senkrecht ansteigende Ast des Rohrs desshalb hinzugefügt, um die Geschwindigkeit des durchgeleiteten Wasserstroms controliren zu können. Er heisst daher auch Piezometer oder Druckmesser und ist mit Theilstrichen versehen; von 1 Ctm. an bis zu 5 sind die Millimeter, dann meist nur Viertelcentimeter, von 10 bis 50 Ctm. halbe und von da an aufwärts nur die ganzen Centimeter angegeben. Es ist selbstverständlich, dass, je stärker der Strom, desto grössere Stücke mit fortgerissen und aus der runden Ausflussöffnung entleert werden; allein zugleich steigt die Druckhöhe, und die im aufsteigenden Rohre befindliche Wassersäule ist um so höher, je rascher der Strom. Daher entspricht nun auch jede bestimmte Höhe der Wassersäule im Piezometer einer bestimmten Grösse des Korns (Durchmessers) der Theile, welche aus dem Schlemmtrichter durch die Ausflussöffnung entleert werden. So werden Theile von 0,01 Millimeter Durchmesser bei einer Druckhöhe von 1,4 Ctm. fortgerissen, was einer Stromgeschwindigkeit von 0,18 Millimeter pro Secunde entspricht. Erhöht man also die Geschwindigkeit, so folgen die gröberen Theile der Feinerde; die von 0,02 Mm. Korn folgen bei etwa der doppelten Piezometerhöhe, die von 0,03 bei 7 Ctm. derselben, die von 0,04 bei 15 Ctm., einer Geschwindigkeit des Wasserstroms von 1,58 Millim. pro Secunde entsprechend, die von 0,05 Mm. Korn endlich bei 29 Ctm. Piezometerhöhe. Die noch grösseren Stücke (von denen die 0,06 Mm. grossen schon 53, die folgenden 83 Ctm. Piezometerhöhe verlangen) lässt man in der Regel im Schlemmtrichter zurück[1]); und da bei Anwendung vorliegenden Apparates durch ein Feinsieb alle über 0,2 Millim. messenden Theile schon zuvor ausgesiebt sind, so brauchen nachher durch ein Feinsieb nur noch die zwischen 0,05 und

1) Obiger Erklärung entsprechend bleibt also alles Bodenskelett im Schlemmtrichter.

0,1 Mm. befindlichen Theile von denen zwischen 0,1 und 0,2 Mm. gesondert zu werden, damit alle Kategorien des Korns gehörig gesondert (fractionirt) werden. Es ist nun zwar nicht zu leugnen, dass alle Bodenbestandtheile in die Feinerde übergehen können, welche sich im Skelette finden (ausser etwa solchen Fragmenten zusammengesetzter Gesteine, welche im Skelette noch unzertheilt auftreten, in feiner Vertheilung sich aber in ihre Einzelbestandtheile zerlegen müssen). Allein wenn in Folge dessen auch namentlich die häufigeren der bodenbildenden Mineralien (Quarz, Kalk) sich gewöhnlich in der Feinerde finden, so ist dieselbe doch meistens characterisirt durch Ueberwiegen der stets sehr feinen Körnchen vom gemeinen Thon (vgl. 1. Abschn. 1. Kapitel), und namentlich sind dieselben in den feinsten Theilen, unter 0,01 Millim. Durchmesser, so überwiegend, dass man für viele praktische Zwecke alles, was diese geringste Korngrösse hat, als Thon auffassen darf (wobei das Eisenoxydhydrat seiner wesentlich übereinstimmenden Eigenschaften halber demselben zuzurechnen). Streng richtig ist dies jedoch nicht; der Kalk kann in sehr feiner Vertheilung ungelöst auftreten, ebenso manche andere lösliche Stoffe (Gyps u. s. w.), und die neuesten Analysen haben auch das Vorhandensein „feinster Quarztheile“ dargethan, welche noch neben dem Schluff vorkommen; so im Löss, in manchen Sandmergeln u. s. w. Eine definitive Beantwortung der Frage, welche Stoffe im Boden vorhanden sind, kann immer nur die chemische Analyse ergeben; die Schlemmanalyse giebt an und für sich nur Antwort auf die Frage, in welcher Formvertheilung die festen Stoffe des Bodens vorhanden sind, wie die Constitution des Bodens beschaffen ist, und nur beide Analysen zusammen geben ein vollständiges Bild von der Menge, der Vertheilung und formellen Anordnung aller Stoffe desselben. Was die festen organischen Beimengungen betrifft, so sind sie meist als Feinerde vorhanden, in kleine Theile zerfallen, insbesondere die Kohle und die noch ins Auge zu fassende freie Humussubstanz. Gröbere Beimengungen organischer Art, die dem Bodenskelett angehören würden, bestehen meist aus wenig zersetzten Stücken, aus halb zersetztem Holz u. dgl., und sind im Ganzen unwichtig. Desto wichtiger sind aber die organischen Stoffe in der dritten Kategorie der Bodenbestandtheile, in der Bodenlösung, welche alle humussauren Salze, auch die sonstigen Alkali- und besonders Ammoniakverbindungen enthält, welche aber ausserdem Chloride, Salpetersäuresalze, Kohlensäuresalze und Schwefelsäuresalze führt. Sie hängt wesentlich von dem — auch in mancher anderen Beziehung wichtigen — Wassergehalte des Bodens ab, der gradweise innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt. Gewöhnlich wird sie vor dem Beginne der Untersuchung durch Behandeln mit Wasser (meist in der Siedhitze) entfernt; wenn dabei gewisse Mengen zufällig ungelöster, aber löslicher Stoffe in den wässerigen Auszug

übergehen, so ist dies für die Untersuchung nur von Vortheil. Gewöhnlich sind aber die Mengen löslicher Salze nicht so gross, dass ein Niederschlag erfolgte; höchstens könnte dies vom Gypse angenommen werden, der jedenfalls auch in Feinerde und im Bodenskelette auftreten kann. Es wird noch zu erwähnen sein, wie das Vorhandensein gewisser organischer Verbindungen (Salze) manche sonst schwer oder nicht lösliche Stoffe, unter denen die Phosphorsäureverbindungen eine vorragende Rolle spielen, in die Bodenlösung zu bringen vermag. Schon aus diesem Grunde, ausserdem aber aus den physikalischen Eigenschaften des Bodens, welche ihm die organischen Beimengungen verleihen können — wir bemerken vorerst nur, wie die schon genannte freie Humussäure die mineralischen Feinerdebestandtheile in gewissem Grade ersetzen kann — ist die Totalsumme aller organischen Stoffe von Interesse, welche man durch Glühen der zuvor getrockneten Bodenprobe und durch Ermittelung des dabei vorgegangenen Gewichtsverlustes bestimmt.

Alle genannten Arten von Bestandtheilen sind für den Boden wesentlich. Am ehesten entbehrlich ist das Skelett; allein ein gänzlicher Mangel an Skelettheilen hat doch auch wesentliche Nachtheile. Er macht den Boden zu fest, so dass grössere Partien desselben zu stark zusammenhalten, die Volumabnahme beim Trocknen ein Rissigwerden veranlasst, überhaupt das Zusammenkleben (die Schollenbildung) zu stark, die Durchlässigkeit für Wasser und für Luft (auch letztere ist nothwendig) zu gering wird. Ferner hält man es im Allgemeinern für günstig, wenn das Bodenskelett verschiedenes Korn besitzt. In diesem Falle kann ein verhältnissmässig geringes Quantum an Feinerde schon sehr günstig wirken. Ein Gehalt von 40 — 60 Procenten der beiderlei Hauptkategorien fester Bestandtheile wird gewöhnlich für vortheilhaft gehalten; doch kommen auch innerhalb dieser Grenzen ungünstige Bodenarten vor, nämlich die, welche weder Alkalisalze, noch Phosphate, noch eine genügende Menge Kalk enthalten. Sehr geringer Gehalt an Feinerde (namentlich unter 5 Procent) ist immer ungünstig, und sind die ganz an Feinerde armen Bodenarten (Flugsand u. dgl.) die allerschlechtesten. Es beginnt sich dies ungünstige Verhalten meist schon bei 80 Procenten Skelettheilen zu zeigen, wenn die letzteren vorwiegend aus gleichförmigem Sande oder Kiese bestehen [1]). Sind grössere Steine zwischen dem feineren Boden unregelmässig vertheilt, so schadet dies um so weniger, je verwitterbarer die Steine sind; bei hohem Grade der Zersetzbarkeit liefern sie einen gewissen Vorrath nützlicher Mineralstoffe, der dem übrigen Boden allmählig zu

1) Es kommt als besonders schädlich hinzu, dass dieser Sand meist nur aus Quarz besteht, und dies fällt um so schwerer ins Gewicht, wenn die Feinerde ebenfalls quarzig ist.

Gute kommt. Man hat daher unter den an groben Bestandtheilen überreichen Bodenarten (Skelettboden) in dieser Beziehung einen bedeutenden Unterschied zu machen. Bei den an Feinerde überreichen Bodenarten (Feinerdeboden) ist im Gegentheil das Vorhandensein zu vieler grober Steine ohne Nutzen; hier ist es günstiger, wenn recht viele Stückchen die dichten Feinerdetheile aus einander halten, und werden daher feinere Sandtheile bei gleicher Menge am vortheilhaftesten einwirken. So hat man bei fettem (thonreichen) Wiesenboden oder Weizen- und Kleeboden oft bei wenigen Procenten Skelett eine vortreffliche Qualität. Der Elbmarschboden hat nur 6. anderer Marschboden nicht viel über 4 Procente Skelettheile.

Abgesehen von Zusammensetzung und Constitution hat man für jeden Boden zwischen seinen verschiedenen Schichten zu unterscheiden. Die oberste Schicht, die eigentliche Oberkrume, ist gemeiniglich mit viel organischen Theilen, insbesondere freier Humussäure (todtem Humus) und mit etwas Kohle, gemischt; da, wo dies nicht der Fall, nennt man den Boden — im Gegensatze zum Humusboden oder Vegetationsboden — Rohboden oder Mineralboden. Der meiste Boden gehört nun in seiner obersten Decke zu jenem; von dieser obersten Decke an pflegt die Humusbeimengung sehr rasch abzunehmen, namentlich, wenn keine künstliche Mischung des an der Oberfläche obwaltenden Humusüberreichthums mit humusärmeren tieferen Schichten stattfindet. Die Abwesenheit dieser Art Mengung (wobei jedoch festzuhalten, dass Lösungen mit humoser Beimengung oft grade in solchen Boden oft ziemlich weit einsickern und eine schwachbraune Färbung organischen Ursprungs beträchtlich in die Tiefe bringen können) characterisirt den natürlichen Humusboden, z. B. den Waldboden, Haideboden, Sumpfboden, im Gegensatze zum Culturboden, zum Ackerboden, Gartenboden, cultivirten Wiesenboden u. s. w. Bei jener Abgrenzung des Mineralbodens ist die Mineralart gleichgültig; daher auch die Mineralien organischen Ursprungs, namentlich der Torf, einen Rohboden bilden können und nicht selten wirklich bilden. Allein auch ausserdem unterscheidet man sorgfältig alle plötzlichen oder allmähligen Unterschiede, welche man in der Richtung von oben nach unten im Boden anbetrifft. Sind dies auch bei angestammten Boden die sich stets wiederholenden Folgen von lockerem zu steingemischtem und endlich zu festem Erdreich (vgl. S. 128), so kann doch hier schon die Ausdehnung der einzelnen Schichten eine äusserst verschiedene seien; noch viel mannigfaltiger aber ist der Bau des Fluthschuttbodens. Da es nicht die oberflächlichsten Schichten sind, welche vorzugsweise den Pflanzen Nahrung und Schutz verleihen, so ist die Mächtigkeit des Bodens überhaupt von grosser Wichtigkeit, und unterscheidet man folgende Kategorien:

1) flachen, flachgründigen oder sehr seichten Boden, bis zu 0,17 Meter,

2) mittelgründigen (seichten) Boden von 0,17 bis 0,33 Metern,

3) tiefgründigen Boden von 0,25 bis 0,33 Metern,

4) sehr tiefgründigen Boden über 33 Meter, und unter letzterem noch den mächtigen Boden von etwa 1 Meter und den sehr mächtigen von noch grösserer Tiefe.

Bis über zwei Meter Tiefe pflegt man die eigentliche Bodenuntersuchung nicht auszudehnen, selbst in solchen Fällen nicht, wo eine tiefgreifende Cultur, wie etwa Waldcultur, beabsichtigt oder im Gange ist; allein der ganze Bau der Erdschichten in der Nähe der Oberfläche ist doch von so grossem Werthe, dass die Bodenkarten, deren Bedeutung man immer mehr zu schätzen begonnen, gewöhnlich nicht ohne Rücksicht auf die unterlagernden Gebilde herstellt werden[1]. Erst mit dem Schichtenbau zusammen wird die zu bebauende Oberfläche einer Gegend vollkommen verständlich, so dass selbst ohne den unmittelbaren Nutzen, den die geologischen Profilirnngen für die technische Ausbeutung tiefer liegender Gesteine u. s. w. gewähren, die Bedeutung derselben nicht zu unterschätzen ist. In der That haben nicht blos diejenigen Bodentheile, welche unmittelbar unter der Oberkrume liegen, sondern oft viel tiefere den entscheidendsten Einfluss für die Bewässerung, und diese hat ihrerseits wieder die allergrösste Wichtigkeit für das Gedeihen der Pflanzen. Ganz besonders ist daher der Fluthschutt zu untersuchen, bei welchem man nie von vornherein irgend eine Annahme hinsichtlich des Untergrundes machen kann, oft nicht einmal aus ziemlich nahe gelegenen Aufschlüssen; denn die Schichtverhältnisse ändern sich oft ziemlich rasch. Dies ist z. B. in grösseren Flussthälern fast immer der Fall. Die festen Theile, welche das Wasser mit sich fortreisst, setzen sich wie immer in verschiedener Geschwindigkeit ab; dies macht sich wenigstens bei grösseren Wasserflächen stets mit einer gewissen Regelmässigkeit geltend. Daher setzt sich bei Ueberfluthungen im Allgemeinen der feine Schlamm („Schlick“, aus Lehm und Thon bestehend) am weitesten nach seitwärts (und oben) ab, der Sand minder weit, der Kies nur in noch grösserer Nähe des eigentlichen Strombettes, die Masse grober Gerölle und Geschiebe nur in dessen nächster Nähe. Da nun aber die Wassermenge und der Wasserstand bei solchen Gelegenheiten sehr wechseln können, so erhellt, dass an einer und derselben Stelle sehr häufig Wechsellagen von Kies und Sand, Sand und Thon u. s. w. angetroffen werden. Dergleichen öfter wiederholte Wechsel-

1) So sind namentlich die neuesten, von der königlichen geologischen Landesanstalt für das Flachland herausgegebenen und beabsichtigten Karten gehalten, von denen das von A. Orth agronomisch bearbeitete Blatt Rüdersdorf (in den Abhandl. gen. Landesanst.) einen Beleg giebt. Die ersten Anregungen und erfolgreichen Versuche verdankt man auch in dieser Beziehung v. Bennigsen-Förder.

lagerungen bezeichnet man wohl als Schichtsysteme oder als Fluthschuttbildungen zusammengesetzter Art. Mitunter sind die Abtheilungen solcher Schichtsysteme durch eine humusreiche Lage gegen die späteren Ueberfluthungen abgegrenzt, und solche Humuslagen kommen oft auch da vor, wo dieselbe Bodenart auf grössere Tiefe bleibt, wie z. B. bei Flugsand. Aber nicht blos bei diesem, sondern auch bei Absätzen, die im Wasser erfolgt sind, kann ein Andauern derselben Bodenart auf bedeutende Mächtigkeit stattfinden, wie dies schon aus den für die Alluvialbildungen (Abschn. I, Kap. 2) gegebenen Notizen erhellt. Die Thon- und Geschiebemergel des Diluviums erreichen ebenfalls nicht unbedeutende Mächtigkeit (10 Meter und selbst darüber), minder bedeutende meist die Kiese. Noch grössere Ausdehnung haben die Diluvialsande. Im Ganzen ist der letztere Fall, der Mangel eines Wechsels, nicht der günstigere; namentlich wird es meistens mit Recht geschätzt, wenn der Untergrund in einen gewissen Gegensatz gegen den Oberboden tritt, seine Mängel ergänzt, seinem Ueberschusse in dieser oder jener Richtung abhilft, wie es z. B. unter thonigem Oberboden ein durchlässiger Sand oder Kies, unter trocknem Sande eine Thonschicht oder dergleichen thut. Feuchtigkeit, Erwärmungsfähigkeit, Durchlässigkeit für Luft und Wasser gleichen sich bei solchen Gegensätzen oft in zweckmässiger Weise aus, während ein Mangel an derartigen Contrasten leicht extreme Verhältnisse zum Schaden der Vegetation eintreten lässt.

Wie schon aus manchen im Obigen enthaltenen Andeutungen hervorgeht, sind, was die Verhältnisse des Bodens an sich und abgesehen von den äusseren Beziehungen betrifft, die vorwiegenden Bestandtheile immer die hauptsächlichsten Bedingungen für die Leistungsfähigkeit einer jeden Bodenart, und spielen dieselben daher in jeder Eintheilung oder Klassification des Bodens eine sehr grosse, ja die allergrösste Rolle; denn die von den Bestandtheilen herrührenden Eigenschaften treten, wenn auch vielfach modificirt, doch im Wesentlichen analog bei beiden Hauptkategorien hervor, welche wir der Entstehung nach unter den Bodenarten zu unterscheiden haben. So zahlreich die in den Boden überhaupt eingehenden Mineralien auch sind[1]), reduciren sich die eigentlich maassgebenden Bestandtheile doch auf wenige, wie dies bei dem verhältnissmässig raschen Gange der Zersetzung in den zerkleinerten Schutt- und Bodenmassen und der dadurch mit Nothwendigkeit bald herbeigeführten Bildung der End-

1) Es sind im Grunde alle im ersten Kapitel des ersten Abschnittes hervorgehobenen Mineralien; auch die dort aufgeführten Felsarten an sich sind als Skelettbestandtheile grossentheils dazu zu rechnen.

zersetzungsprodukte auch nicht anders möglich ist. Die Hauptarten des Bodens (die Bodengruppen) sind demzufolge nur

Sandboden,
Thonboden,
Kalkboden (nebst Dolomit- und Gypsboden),
Humusboden

und ihre Mengungen, der zwischen Sand und Thon stehende Lehm, der zwischen Kalk und Thon oder Lehm stehende Mergel, der zwischen der letzten Gruppe und den übrigen stehende humose Boden. Ausserdem ist noch der eisenschüssige Boden und der Salzboden zu nennen, beide ebenfalls in mannigfachster Weise mit allen vorigen combinirt. Diesen verschiedenen Gruppen schliessen sich ebenfalls gruppenweise die (wie bemerkt, in ihrer Zusammensetzung oft etwas complicirten) angestammten Bodenarten mehr oder weniger innig an.

Der Kiesboden, an sich ein ungünstiger, für Kulturgewächse überhaupt ungeeigneter Boden, verhält sich, wenn der Kies unrein, manchmal den übrigen Bodenarten ähnlicher. Ist er rein entwickelt, so trägt er im Ganzen wenig Pflanzen, unter denen Ginsterarten, Genista tinctoria, pilosa, manche Melilotus, z. B. M. macrorrhiza und dentata und die als Haidepflanzen bezeichneten Gewächse, vor allen Calluna vulgaris, hervorzuheben sein dürften.

Da, wo der Kies als Bergschotter, als loses Conglomerat von Felsstücken aus benachbartem Gestein auftritt, hängt seine Flora von der dieses Gesteines ab; z. B. kommen im Flussschotter Epilobien (E. Dodonaei an den Alpen, E. angustifolium in den Niederungen des Hügellandes, hier auch Rumex-Arten u. s. w.) vor.

Der Sandboden, dessen Abgrenzung gegen Lehm und Mergel ganz den auf S. 68 gegebenen Notizen gemäss geschieht — einerlei in welcher Form und Grösse die Quarzkörner vorhanden —, und dessen (mineralogische) Abarten S. 75 und S. 8 und 9 grösstentheils aufgeführt sind[1]), ist der leichte Boden, wenig wasserhaltig, daher warm, für Luft leicht zugänglich und Zersetzung jeder Art, besonders Oxydation, befördernd. Dagegen ist er nicht im Stande, bedeutende Mengen von Bodenlösung mit ihren Pflanzennährstoffen zu halten, und da er ausserdem leicht im Uebermaasse trocken wird, so ist er arm, ungünstig für die Vegetation, zur Cultur der werthvollsten Culturgewächse wenig geeignet, unter den Cerealien höchstens den Roggen, sonst die Kartoffel begünstigend. Unter den Waldbäumen

1) Der aus sehr kleinen, runden Körnern von reinem Quarz mit ziemlich viel Humusmasse zusammengebackene Formsand, sowie der braunkohlehaltige Braunsand möchten noch als landwirthschaftlich nicht unwichtig hinzukommen.

nimmt vor allen die Kiefer oder Föhre (Pinus silvetris, aber auch andere verwandte Pinusarten) in ihrer Genügsamkeit selbst auf dem sonst unbenutzbaren Dünensande vorlieb, unterstützt vom Weissmoose oder Graumoose der Kiefernwälder, Leucobryum vulgare, das mit seinen Wasser ansaugenden Zellen eine wirksame Decke gegen zu rasches Verdunsten der Feuchtigkeit und eine Quelle von Nährstoffen für die Wurzeln der Kiefern wird[1]). Freilich erreicht die Kiefer auf dem ganz schlechten Flugsandboden keine beträchtliche Grösse; viele Waldmorgen erzielen nur Bäume, die auf dem Standpunkte verharren, welchen sonst 10—15jährige Pflanzen aufweisen, und es kommt dort überwiegend der indirekte Nutzen in Betracht, den die Kieferwaldung durch Festigung des Triebsandbodens und Verhinderung des Verwehens der benachbarten Culturstrecken ausübt. Dieser aber ist so gross, dass man die Kieferwaldungen auf Dünenboden und Flugsand mit äusserster Schonung behandeln sollte; ein zu rasches Fällen oder gar Ausrotten hat sich immer noch bitter gerächt. Die Zahl der für Sandboden charakteristischen Pflanzen ist ganz besonders gross, namenlich wenn man sich nicht auf die ihm ausschliesslich eigenen, auf anderem Boden nicht vorkommenden Pflanzen beschränkt, welche hier, wie für alle anderen Bodenarten, bodenstet heissen, im Gegensatze zu den bodenholden, nur mit Vorliebe eine bestimmte Bodenart suchenden und festhaltenden Pflanzen und zu den bodenvagen, mit jeder Bodenart vorlieb nehmenden Gewächsen. Unbedingt würde es zu weit führen, alle Sandpflanzen anderer Klimate bis zu den Wüstenpflanzen aufzuzählen; die wichtigsten deutschen sind ausser den genannten Culturpflanzen, denen die Lupine, Lupinus albus und andere Arten, und Polygonum fagopyrum, der Buchweizen, als fast bodenstete Sandpflanzen zuzurechnen, und ausser den Birken, die neben der Kiefer den Waldbestand des Sandbodens ausmachen, die Hungerblume, Draba verna, mehrere Spergula, besonders Sp. arvensis, mehrere Ginster (Spartium anglicum u. s. w.), der Haferklee, Trifolium arvense, die Grasnelke, Armeria vulgaris, das Haidekraut, Calluna vulgaris, nebst den übrigen, minder charakteristischen Haidepflanzen (Preissel-, Heidelbeeren und Bärtraube), der Sandwegerich, Plantago arenaria, ferner Papaver Argemone, Allium arenarium, das Sandriedgras oder Carex arenaria nebst andern Carex, einige Gräser, besonders Elymus arenarius oder der Sandhafer, Aira canescens und flexuosa, auch Holcus mollis, Bromus tectorum, Agrostis vulgaris und Festuca ovina, sowie Boletus edulis, der Steinpilz, und andere Boletus, ferner auf nassem Sande einige Epilobien, Arundo arenaria, sowie Pteris aquilina oder

---

1) Die Vertilgung dieses Mooses gehört daher zu den gradezu schädlichen Proceduren, an denen unsere Bodenbewirthschaftung leider hie und da krankt.

der Adlersaumfarren, und von Culturgewächsen der Spargel, während mehrere andere als Leitpflanzen des Sandbodens angeführte Arten (Viola tricolor, Rumex acetosella, Erodium cicutaria, Alyssum incanum, auch unsere Sedum-Arten, die Gnaphalien oder Sandgoldblumen, das Wollkraut oder Verbascum thapsus u. a. m., minder zuverlässig sind. Schwach lehmigen Sand charakterisiren noch Myosotis arvensis, Raphanus raphanistrum oder der Hederich, der Quendel oder Thymus Serpyllum, der Akley, das Straussgras oder Agrostis vulgaris, die nesselblättrige Glockenblume, der Färberginster, der schmale Wegerich, wie auch die oben genannte Draba verna in den lehmigen Sand übergeht. Für diesen, sowie für den Sandmergel ist Rubus caesius, die Feldbrombeere, in interessanter Weise eine charakteristische Leitpflanze, indem grade sie als ein ziemlich sicheres Kennzeichen einiger, wenn auch noch so geringer lehmig-mergeliger Bestandtheile, wenn nicht im Oberboden, doch jedenfalls im Untergrunde sandiger Feldstücke anzusehen ist. Im Ganzen sind solche Pflanzen, welche für Thon oder Kalk recht charakteristisch sind, nicht sehr zahlreich, wie z. B. Euphorbia cyparissias, die gemeine Wolfsmilch, in Norddeutschland als Sandpflanze geltend, in den mitteldeutschen Hügeln auf Kalk gut gedeiht; von Gnaphalium arenarium berichtet Senft aus dem Dolomitdistricte Frankens, der sogenannten fränkischen Schweiz, das Nämliche. Die Heidel- und Preisselbeere endlich, auch wesentlich auf sandigem Untergrunde gedeihend, erfordern schon mehr Humus und sind weniger bezeichnend, als das Haidekraut.

Der Lehmboden und Thonboden hat schon weniger sichere Leitpflanzen; für beide, namentlich auch für den schweren Thon ist zuvörderst der grosse Huflattich, Tussilago farfara, anzuführen, der daher die Halden der Ziegelgruben stets bedeckt; doch kommt (vergl. u.) diese Art nicht ohne Kalkgehalt des Bodens vor. Einen geringeren Thongehalt lieben viele Pflanzen, wie unter den Cerealien namentlich Weizen und Gerste ihn erfordern. Ihnen schliessen sich Phleum pratense, das Timotheegras, auch Wiesenschwingel, Fuchsschwanz (Alopecurus pratensis), mehrere Trespen (Bromus arvensis, mollis), das Knaulgras (Dactylis glomerata), verschiedene Poa- oder Rispengrasarten und andere Gräser an, unter denen das Raygras, Lolium perenne, als Culturgras eine Rolle spielt; doch sind dieselben im Allgemeinen nicht charakteristisch und kommen auch auf anderem Boden, wenn auch schlechter, fort. Ein Gleiches gilt vom Ackerklee (Trifolium arvense), der Luzerne (Medicago sativa) und der Hirse, sowie von den thonliebenden Waldbäumen, den Eichen, Hainbuchen, Haseln; auch von der Rothbuche (Fagus sylvatica), die indessen zugleich einen gewissen Kalkgehalt vorzieht, und in gewissem Grade Wachholder. Als Leitpflanzen für Lehm müssen drei — stets mit

einander verbundene — Arten, die wilde Mohrrübe (Daucus Carota), die wilde Cichorie (Cichorium intybus), die wilde Pastinake (Pastinaca officinalis) gelten, die in Folge dessen auch als Kulturpflanzen demselben Boden zuzuweisen sind. Minder bezeichnend sind unter den wild wachsenden Pflanzen die sonst noch oft genannten Arten Aspidium filix mas und filix femina, die Convallarien, die Corydalis, Anemone nemorosa, die Mehrzahl der Ranunkeln, Delphinium consolida (diese aber auch auf Kalk), Leontodon taraxacum, Tanacetum vulgare, die Camille und mehrere Chrysanthemum, Disteln, Lippenblumen, der Odermennig und die Klatschrose, auch der Hornklee, das Ruchgras u. a. m., während Bellis perennis, Maasslieb, jedenfalls zu den bodenvagen Pflanzen hinüberleitet. Das eigenthümliche Verhalten von Rubus caesius, das neben Mergel auch für Lehm in Betracht kommt, ist bereits angegeben.

Die Grenzen des Thones gegen Lehm und Mergel, die des Lehms gegen Mergel und Sand, sowie das eigenthümliche Verhalten des Löss ist bei Aufzählung der Gesteinsarten (S. 66 bis 69) berücksichtigt; es bedarf daher nur des Hinweises darauf, dass im Allgemeinen schon ziemlich geringe Beimengungen thoniger Bestandtheile genügen, dem Boden wesentlich andere Eigenschaften mitzutheilen. Der lehmige Sand enthält gewöhnlich nur einen niedrigen Procentsatz Thon, der, wenn in den chemischen Analysen die reine Thonerde (Al_2O_3) angegeben wird, noch geringer erscheint[1]) als oben angegeben. Der Thon ist der Bestandtheil, welcher den Boden schwer, fest, undurchlässig, Wasser stark anhaltend, daher kalt macht; sind diese Eigenschaften auch bei weitem minder ungünstig für den Pflanzenwuchs, als die des reinen Sandes, so kann doch nur gemengter Thon, Lehm, als die günstigste unter den aufgezählten Bodenarten gelten. Der Thon, obwohl der gemeine Thon ebensowenig wie der Quarz zur Pflanzennahrung dient, hat vor dem Sande immer das voraus, dass er mit dem Wasser auch die gelösten Bestandtheile, die zur Nahrung der Gewächse direkt dienenden unorganischen Salze, Carbonate, Sulfate, Phosphate und Chloride, nebst den gelösten organischen Substanzen in grösserer Menge anhält. Er wird desshalb, nicht wegen seiner direkt nährenden Eigenschaften, als reicher Boden bezeichnet. Hat nun ein Boden genug Thontheile, um als reicher Boden zu gelten, zugleich aber genug Bodenskelett, insbesondere Quarzsand, um nicht an einem Uebermaasse jener Eigenschaften — der Bündigkeit und des Wasseransaugungs- und Wasserhaltungsvermögens — zu leiden, so bedarf es nur noch der An-

1) Vergl. die Procentangabe der Bestandtheile des gemeinen Thones im ersten Kapitel dieses Abschnittes. Jenes Verhalten zeigt sich schon bei den Lössanalysen S. 69.

wesenheit der zur Pflanzennahrung nothwendigen Stoffe, um den Boden, wie man sagt, zu einem „idealen“ zu machen.

Von diesen Stoffen ist der Kalk derjenige, der im grössten Maassstabe gesteinsbildend auftritt, daher auch in den Boden so häufig übergeht, dass man die mit ihm gemengten Arten als eine besondere Gruppe zu betrachten hat, oder vielmehr als zwei, oben (S. 67 und 69) ihren Procentgehalten nach gesonderte Gruppen, die des Mergelbodens und die des eigentlichen Kalkbodens. Der Kalkzusatz verbessert im Allgemeinen die Qualität der erzeugten vegetabilischen Producte; viele Pflanzen gedeihen erst auf kalkhaltigem Boden recht üppig, und zugleich trägt ein solcher die mannigfaltigste Flora. Als eine der bezeichnendsten Pflanzenspecies des Mergelbodens muss Gypsophila muralis gelten, die namentlich für Kalk- und Mergelgehalt auf Sandboden bezeichnend ist (wie für Gyps G. fastigiata, s. u.). Viele der auf Kalk besser fortkommenden Pflanzen, die ausserdem auf blossem Sand oder Lehm und Thon gedeihen, sind schon bei den vorigen Bodengruppen aufgeführt; von Sandpflanzen, die einen grösseren Kalkgehalt vertragen, lässt sich noch der oben genannte Schafschwingel, Festuca ovina, nebst anderen Arten dieses Geschlechts, die Küchenschelle, Anemone pulsatilla (auch A. pratensis, überhaupt Anemonen), die Hauhechel (Ononis spinosa) anführen; von Pflanzen des Lehm- und Thonbodens ist Tussilago farfara gradezu für einen Kalkgehalt desselben bezeichnend. Andere Pflanzen des Mergelbodens (ausser vielen, welche in den Büchern angegeben, aber weniger charakteristisch) sind Carlina acaulis, Sesleria coerulea, Adonis vernalis, Gentiana cruciata und ciliata, Thlaspi montanum und perfoliatum, Hatchinsia petraea, Trifolium rubens und montanum, Teucrium montanum und chamaedrys, Ajuga rhamaepitys, Hypericum elegans, Cineraria campestris, die Esparsette, Hedysarum onobrychis, manche Orchideen, z. B. Cypripedium calceolus, auch Ophrys myodes, Anacamptis pyramidalis, Himantoglossum hircinum, Orchis purpurea; Traganth, Waldmeister, Lithospermum u. a. könnten allenfalls hinzugefügt werden; manche andere, wie z. B. Achillea millefolium, werden zwar ebenfalls angegeben, sind jedoch durchaus unsicher. Als Kalkpflanzen unter den Waldbäumen werden Viburnum Lantana, der wollige Schneeball und Mespilus Amelanchier, die Felsenmispel, hervorgehoben. Von Wasserpflanzen sind mehrere Characeen zu nennen, welche nicht ohne Kalkgehalt des Wassers gedeihen können, aber nicht minder bei einem blossen Gypsgehalte desselben ihre stark reducirende Wirkung auf das Sulfat ausüben. (Vergl. künstliche Schwefelquellen.) Noch manche geologisch interessante Einzelheiten lassen sich hier anknüpfen. Dahin gehört z. B. das Auftreten der Carlina vulgaris, der Begleiterin der C. acaulis auf Muschelkalkboden, auf den Roggensteinen und anderen kalkhaltigen Schichten des Buntsandsteins, aber ohne die C.

acaulis; ferner das Auftreten besonderer Flechtenarten (Lecanora lentigera und fulgens) auf Zechsteinkalk (letztere auch auf Muschelkalk), eines Mooses, Seligeria tristicha, auf Jurakalk (auch Zechstein), einer anderen Art (S. calcarea) auf Kreide und Kreidekalk. Für letztere ist vermuthlich ein Kieselgehalt, für erstere vielleicht ein Magnesia- (Dolomit-) Gehalt des Gesteins wesentlich.

Der Kalkboden hat den Nachtheil, dass er leicht zu trocken wird; namentlich bezeichnet man ihn bei kalkigem Untergrunde (der meist zerklüftet, aber wohl stets durchlässig für das Wasser ist) als heiss. Ferner schadet ein Uebermaass des sauren, kohlensauren Kalkes oder Kalkbicarbonates in der Bodenlösung. Dieser Uebelstand wird durch Humussubstanz gehoben; freie, unlösliche Humussäure wird durch das gelöste Kalkcarbonat in Lösung gebracht, sei es direkt, sei es durch Freiwerden von eigentlichen Alkalien (oder vielmehr Uebergang der letzteren in Carbonate, in welcher Verbindung sie auf die Humussäure wirken können). In dieser Beziehung wirken beide Stoffe, Kalk und Humus, in entgegengesetzter Richtung, und jeder von ihnen beseitigt die Nachtheile, welche ein Uebermaass des anderen herbeiführen würde. Bei der fortwährenden Wechselwirkung ist nun aber eine fortgesetzte, starke Zufuhr organischer Substanz auf Kalkboden erforderlich; daher die Angabe, dass kalkiger (heisser) Boden den Dünger verzehre, viel Dünger gebrauche. Der Mergelboden verhält sich in jeder Beziehung besser; er schliesst sich um so mehr dem Thon- oder Lehmboden (und bei dem häufigen Vorhandensein von Quarzsand noch öfter dem letzteren) an, je weniger vorherrschend der Kalk ist. Ein mässiger Zusatz von diesem verbessert unbedingt noch die Eigenschaften beider Bodenarten und giebt im Grunde schon die Grundlage für einen wirklich zweckmässig zusammengesetzten Boden. Kommt noch ein gewisser Vorrath an Schwefelsäure- und Phosphorsäure-Verbindungen und an Alkalisalzen und ein gewisser Humusgehalt hinzu, so ist in der That der Musterboden vorhanden. Den Sandboden macht ein Kalkzusatz reicher, daher besser, obwohl er die Eigenschaften der zu grossen Trockenheit und Wärme nicht beseitigen kann, welche demselben leicht anhaften.

Der Dolomitboden steht im Ganzen mit dem Kalkboden auf einer Stufe; seine Vortheile und Nachtheile sind ganz dieselben. Ein Gleiches gilt vom Gypsboden, für welchen Gypsophila fastigiata besonders charakteristisch ist, während G. repens, auch als Gypspflanze angegeben, gleich andern Gypsophila-Arten, z. B. der vorbenannten G. muralis, auch auf Kalk gedeiht[1]). Im Allgemeinen ist — nament-

1) Die Characeen sind bei Kalkboden berücksichtigt. Asperula odorata gedeiht gut auf Dolomitboden, dem Hormium pyrenaïcum, Paederota bonarota, Bellidiastrum Michelii, Achyrophorus helveticus, Chrysanthemum montanum. Centaurea austriaca, Cirsium eriophorum, Phyteuma

lich für Legumin haltende Pflanzen — der Gyps noch günstiger, da die Lösung von Kalksulfat den Pflanzen zugleich Schwefel zuführt. Unter den übrigen mineralischen Pflanzennährstoffen, die bereits angeführt sind, ist von basischen Stoffen das Kali der werthvollste; es wird vom Mineralreiche den Pflanzen am sparsamsten geliefert, da die Kalimineralien, namentlich die kalihaltigen Silikate, im Allgemeinen am schwersten zersetzlich sind, ist aber gleichwohl unentbehrlich und in der Asche aller Pflanzen in Menge enthalten. Doch ist öfter auch ein erfolgreiches Düngen mit Natronsalzen (Steinsalz) vorgenommen, besonders da, wo es ausser an Kali auch an Natron fehlt, und wo ein theilweiser Ersatz des Mangels der eigentlichen Alkalien durch Natron eine bedeutende Ersparniss bedingt. Von Säureradikalen ist der Phosphor dasjenige, das am ehesten mangelt, während Kohlenstoff und Schwefel den Pflanzen in den Carbonat- und Sulfatlösungen reichlich geliefert werden, aus welchen sie ebenso, wie Phosphor aus den Phosphaten, den Kohlenstoff und Schwefel reduciren. Ein künstlicher Zusatz von Sulfaten wird übrigens schon durch die Mineraldüngstoffe aus der Gruppe der Abraumsalze bewirkt, aber in sehr einfacher Weise auch durch das den Leguminosen besonders zuträgliche Gypsen (s. oben). Der den Pflanzen nächst dem Kohlenstoff unentbehrlichste Nährstoff, der Stickstoff, wird gemeiniglich durch die organischen Düngstoffe — einschliesslich des ihnen substituirten, im vorigen Kapitel ausführlich erörterten Guanos — in nöthiger Menge geliefert, ausserdem aber durch Nitrate (besonders Natronsalpeter), welche man oft direkt den Düngstoffen zusetzt. Was den organischen, thierischen Dünger betrifft, so zersetzen sich dessen stickstoffhaltige Substanzen zunächst zu Ammoniakverbindungen; diese liefern mit der Humussäure lösliche Verbindungen, ähnlich den Kali- und Natron-Verbindungen derselben, können also die eigentlichen Alkalien vorübergehend ersetzen. Entgegengesetzt wirkt der Schwefelwasserstoff, aber auch nur vorübergehend; mit der Zeit schreitet die Oxydation doch weiter fort und es bilden sich Salpetersäureverbindungen (ein Umstand, der die Wichtigkeit des Vorhandenseins basischer Mineralradikale, wie z. B. des Kalkes, erklärt), aus denen die Pflanzen den Stickstoff nun ebenso wie die vorbenannten Stoffe reduciren. Aus diesem Verhalten der Pflanzen zu den Mineralien erklärt sich der Werth, den gewisse Stoffe, besonders Stickstoff, Phosphor und Kalium, in den Düngstoffen haben, deren Gewinnung im vorigen Kapitel neben der der Mergel und kohligen Düngstoffe erläutert ist. Diese dienen zum Ersatze der in manchen, nicht in allen Bodenarten fehlenden Kalk- und Humustheile.

---

hemisphaericum, Halleri u. a. ebenfalls angehören. Flechten und Moose s. oben.

Von natürlich vorhandenen gelösten Stoffen kommt hauptsächlich das Salz (Chlornatrium) in grösseren Mengen vor, so dass man von einem bedsoneren Salzboden spricht. Für Salzgehalt des Bodens muss ein Laubmoos, Pottia Heimii, als empfindliches Reagens gelten; doch ist dasselbe nur im ersten Frühjahre vorhanden. Sonst zeigen Glaux maritima, Triglochin maritima, Plantago maritima alle Stellen, wo Salz vorhanden, mit Sicherheit an; sie fehlen wohl nie, wo dasselbe zugegen. Das Heer der übrigen Salzpflanzen ist indessen sehr gross[1]; Cochlearia officinalis, danica und anglica, Cakile maritima, Honkenya peploïdes, Pisum maritimum, Eryngium maritimum, Apium graveolens (unser Sellerie), Bupleurum temissimum, Aster Tripolium, Artemisia maritime, Erythraea pulchella, Samolus Valerandi, Statice limonium, Plantago coronopus, Schoberia maritima, Salsola Kali und S. Soda, Salicornia herbacea, Beta maritima, Obione portulacoïdes, Atriplex littorale, Rumex maritimus, Juncus Gerardi, Blysmus rufus, Phleum arenarium, Ammophila arenaria, Triticum junceum und pungens, Hordeum maritimum sind für die deutschen Salzpunkte und Meerküsten wohl die wichtigsten. Auf dem angeschwemmten Schlick der letzteren, der einen salzhaltigen Kleiboden liefert, siedelt sich zunächst Salicornia herbacea, die Sülte, an; dann folgen Aster Tripolium, Plantago maritima, Triglochin maritima, Triticum repens, Glyceria maritima, Agrostis stolonifera, welche den Boden rasenartig bedecken, die sogenannten Polderpflanzen, der erste geregeltere Anwuchs der neu dem Meere abgerungenen Küstenstrecken[2].

Ein Eisengehalt des Bodens, dessen hier ebenfalls zu gedenken, ist fast durchgängig vorhanden und, wenn gering, ohne allen Belang. Kleine Mengen von Eisen schaden den Pflanzen nicht; namentlich findet man es sogar, in etwas grösseren Mengen, in Pflanzen, welche auf feuchtem, sumpfigem Boden wachsen (Eriophorum u. a. m.); ein etwas höherer Eisengehalt schadet jedoch manchen anderen Pflanzen, z. B. der Esparsette, dem Nussbaum, ebensowenig, auch den Erbsen und Wicken nicht, während er andern, z. B. dem Raps, schon weit eher nachtheilig wird. Mit der Zeit wandelt sich alles im Boden enthaltene Eisen in Eisenoxydhydrat um, das ähnliche physikalische Eigenschaften hat, wie der gemeine Thon, ihn

1) R. Müller von Halle, dem ich bei dieser Gelegenheit meinen wärmsten Dank für viele der werthvollsten Notizen hinsichtlich der für die Bodenarten leitenden Pflanzen auszusprechen mich gedrungen fühle, zählt in einer besonderen Schrift für Mitteleuropa 132 Arten auf, 34 verschiedenen Familien angehörig. Die allgemein verbreiteten unter denselben sind oben angegeben.

2) Diese heissen zuerst Aussendeichland, Anwachs, Heller oder Helder, nach geschehener Eindeichung aber Polder.

ersetzen kann und in Gemeinschaft mit ihm die oben angegebenen charakteristischen Eigenschaften noch in ausgeprägterer Weise zum Vorschein bringt. Im Allgemeinen hat man daher mit vollem Rechte keinen grossen Werth auf Eisenbeimengungen und auf die von ihnen grossentheils bedingte Farbe des Bodens gelegt. Das Eisenoxydhydrat färbt denselben gelbbräunlich; diese Farbe zieht man wohl allgemein den übrigen vor. Das Eisenoxyd färbt röthlich; auch diese Farbe ist beliebt, namentlich da sie mit einem gewissen Gehalte an Thon, Kalk u. s. w. verbunden zu sein pflegt. Schwarze Farbe, von Eisenoxyduloxyd herrührend, ist im Ganzen seltener, denn die schwärzlichen Färbungen rühren vorzugsweise von Beimengungen an Humus und Kohle her; diese Stoffe färben den Boden noch intensiver, als die Eisenverbindungen, und mischen sich sehr oft mit den Farben der letzteren. Ungünstiger sind die bläulichen (durch Mengung mit Oxyd violett, mit Oxydhydrat grünlich gemischten) Färbungen durch fein vertheiltes Schwefeleisen (seltener durch Oxydulverbindungen, die sich zwar stets zunächst aus jenem bilden, aber sehr rasch, selbst in den tieferen Lagen, höher zu oxydiren pflegen), dessen Verhalten in den früheren Abschnitten und Kapitel mehrfach besprochen ist, und das leicht eine zu grosse Quantität von Eisen in Lösung bringen kann. Eine solche ist immer in hohem Grade schädlich für die Vegetation, und wird immer erst die vollendete Oxydation und Eisenokerbildung Abhülfe schaffen.

Die Humussubstanz ist theilweise als Mineralsubstanz anzusehen, sobald sie nämlich in Braunkohle- oder Torfablagerungen gehäuft vorkommt. Diese Ablagerungen nun, ausschliesslich im Fluthschutt, hier aber oft in grosser Mächtigkeit vorkommend, bilden den eigentlichen Humusboden mit seinen Unterabtheilungen, zu dessen Charakteren es gehört, dass er über 20 Procente organischer Substanz, meist freie Humussäure, ausserdem noch viel Kohletheilchen enthält. Von manchen Seiten wird für einen vollkommen normalen Humusboden sogar ein Minimalgehalt von 30 Procenten organischer Substanz verlangt; jedoch wird es immer gerathen sein, hinsichtlich der Abgrenzung einen gewissen Spielraum zu lassen und die besonderen Lagerungsverhältnisse zu Rathe zu ziehen. Bestände z. B. die ganze Masse einer mächtigeren Ablagerung durchgehends zu 20 Procenten aus organischer, wesentlich humoser Substanz, so würde man sie weit eher als wirklichen Humusboden zu führen berechtigt sein, als eine dünne, oberflächliche Lage über humusärmeren Schichten, auch wenn jene Oberbodenlage etwas mehr als 20 Procente Humus führen sollte. Die Hauptarten des Humusbodens sind: der eigentliche (milde) Humusboden, der gewöhnlich noch etwas stärker (zu 50 Proc. und mehr) mit anorganischen Substanzen, insbesondere anderen Bodenarten, gemengt ist und daher die Eigenschaften des

Humus in minder hohem Grade zeigt, namentlich wenn die Beimengung zum Theil aus Sand besteht; in die Torfsubstanz, Scholl- und Bunkerde, wesentlich ganz aus zersetzten Pflanzentheilen gebildet, nur manchmal oberflächlich und auch wieder in den tiefsten Uebergangsschichten reicher an anorganischen Beimengungen. Die Humusmasse ist theils reife, schwärzliche, grossentheils pulverige, theils unreife, häufig faserige und filzige, hellere, minder vollständig zersetzte Torfsubstanz; Abarten derselben sind der Moostorf, meist nicht wesentlich in seinem Verhalten verschieden, der Haidetorf, unvollkommen zersetzte Kohlenwasserstoffe (Wachs, Harz u. dergl.) und auch meist viel unzersetzte Pflanzenfaser enthaltend, gewöhnlich unreiner, an Asche reicher, der Darg, an der Nordseeküste vorkommend und grösstentheils aus Seepflanzen gebildet. So günstig die Anwesenheit so bedeutender Mengen organischer Substanz scheinen kann, so wenig lässt sich der Torfboden als guter Boden bezeichnen. Die Stoffe, welche die Humussäure in Lösung bringen könnten, fehlen oder sind doch in verschwindend kleiner Menge vorhanden; zudem kommen gewisse Verbindungen vor, welche die Oxydation hindern, daher gradezu conservirend für organische Körper wirken; unter ihnen ist die Torfsäure hervorzuheben[1]). Ein blosses Trockenlegen der Brüche ist daher auch keineswegs genügend, dieselben in fruchtbares Land zu verwandeln. Kann man die Torfmasse nicht mit Vortheil als Feuerungsmaterial gewinnen — was übrigens nur bei schlechter Beschaffenheit, übergrossem Reichthum an Aschebestandtheilen der Fall sein wird —, so muss man entweder grosse Mengen anderer Stoffe, namentlich kalkigen Bodens, Mergels, auch Kalkes, Gypses dem Torfe beimengen oder noch besser den letzteren theilweise oder ganz zu Asche verbrennen. Die so gewonnene Asche wirkt nun, da sie zum Theile aus Alkalien besteht, unter den vorhandenen Bedingungen doppelt günstig. Die Torfpflanzen sind fast alle sehr charakteristisch, die Sphagnum-Arten (latifolium, acutifolium u. a.), Glyceria fluitans, Aira flexuosa und uliginosa, mehrere Scirpus-, alle Eriophorum-Arten, auch viele Carex, Calla palustris, Cicuta virosa, Helosciadium repens, Menyanthes trifoliata oder Fieberklee, und auf torfigen Bergwiesen Arnica montana. Andere, wie die Kolben, Typha latifolia, angustifolia, ferner Malaxis paludosa, Arundo stricta, Polygonum Bistorta, Erica tetralix, Cineraria palustris, mehrere Enzian- und Primelarten, Ledum palustre, Vaccinium uliginosum, Empetrum nigrum, Lycopodium inundatum und selago, lieben die torfigen Brüche, sind jedoch noch mehr an Feuchtigkeit, als an den Humus gebunden. An den Rändern und auf

1) Der Wirkung derselben verdankt man die Erhaltung der in Torfmooren versunkenen Körper von Thieren und Menschen.

trockneren Stellen der Moore treten ausser minder charakteristischen Pflanzen Osmunda regalis, Aira caespitosa, Molinia coerulea, namentlich auch (über Sand) Illecebrum verticillatum, endlich unter Zurückweichen der Sphagnum-Arten das Leucobryum (s. o.) und das Haidekraut (Calluna vulgaris) auf, das den Humusgehalt immer mehr herabdrückt, endlich aber wieder eine Haidenarbe bildet und den Boden neu colonisiren hilft. Ein dabei wichtiges Gras ist besonders Nardus stricta (für Haidehumus charakteristisch), dazu kommen Ginster, besonders Besenginster, Sarothamnus Scoparius, und an Stelle der früheren Arten der gemeine Bärlapp, Lycopodium clavatum.

Sehr verschieden verhält sich der humose Boden, der in den verschiedensten Abschattirungen vom humusärmeren, d. h. mit nur etwa 2 Proc. oder weniger Humus versehenen Boden bis zu dem Humusboden die Lücke ausfüllt. Die Humussubstanz, als freie Säure unlöslich, flockig bis klebrig pulverig, das Wasser begierig ansaugend und anhaltend, daher langsam und ungleich trocknend [1]), ist in Alkalien einschliesslich Ammoniak leicht löslich und bildet gleich den ihr verwandten Säuren, Quellsäure und Quellsatzsäure, besonders zahlreiche lösliche Doppelsalze. Dies erklärt die lösende Wirkung der organischen Düngerjauche auf viele Substanzen, unter denen die Knochenerde wohl das bekannteste Beispiel liefert; in Düngergruben geworfene Knochen lösen sich vollständig. Allein auch Gyps und andere schwer lösliche Sulfate, sogar Silikate, Schwefelverbindungen von Schwermetallen u. dergl. m. werden von den Salzen der stickstofffreien organischen Zersetzungssäuren [2]) in Mitlösung gebracht. Selbst die endlich aus allen jenen Säuren hervorgehende Kohlensäure hilft, wenn auch in geringerem Grade, Stoffe lösen, wenigstens indem sie saure Salze bilden hilft, wie das (öfter besprochene) Bicarbonat von Kalk, dem das der Magnesia und des Eisenoxyduls zur Seite tritt. Hinsichtlich der Grade des Humusgehaltes rechnet man den Boden mit 2 bis 5 Proc. organischer Masse (zumeist Humus) noch zu den normalen Bodenarten; fett gedüngter Boden, obere Schichten guten Waldbodens u. s. w. gehören hierher. Noch höherer Gehalt an Humus bildet dann die vorzugsweise dem sumpfigen Terrain eigenen Uebergänge zu den vorbesprochenen Bodenarten, die man in humose Sande, humose Kalke (Moormergel) und humose Thone (Marschboden, thonigen Moorboden) eintheilt. Die Moormergel bilden meist nur ganz dünne Schichten über den Wiesenmergeln, die humosen Sande sind wohl die verbreitetsten

1) Daher die rundlichen, oben concaven kleinen Schollen bildend, in welche sie unregelmässig eckig zerspringt.

2) Der Humussäure geht die hellere Ulminsäure voran; die Quell- und Quellsatzsäure folgen. Die sehr dunkle Humussäure wird aus ihrer bräunlichen Lösung durch Säure flockig gefällt.

humosen Bodenarten. Endlich ist auch ein gewisser Gehalt an Eisenoxydhydrat nicht unwichtig, der in die Raseneisensteinablagerungen hinüberleitet; dahin gehören die Absätze, deren Wasserbedeckung mit gewissen mikroskopischen Pflanzen, Gallionella ferruginea u. a. erfüllt ist. Die auf solchem feuchten, humosen Boden wachsenden Pflanzen sind ausser den vorigen noch Arundo Phragmites (Rohr), Phalaris arundinacea, Calamagrostis stricta, Poa aquatica, mehrere Scirpus und Juncus, Sparganium, Triglochin palustre, Alisma Plantago, mehrere Rumex, die Lysimachien, die Münze-Arten, Veronica Beccabunga, das Vergissmeinnicht oder Myosotis palustris, Galium uliginosum und palustre, Valeriana dioïca, Bidens cernua und tripartita, Phellandrium aquaticum, die Drosera-Arten, Parnassia palustris, Hottonia palustris, Lythrum salicaria, Epilobium palustre und viele andere Arten, Comarum palustre, Caltha palustris, Ranunculus Flammula, flammea, repens, sceleratus, Nasturtium officinale und andere Arten, auch Cardamine pratensis, Lychnis flos cuculi u. a. m., von Gefässkryptogamen namentlich Equisetum palustre. — Auf dem gedüngten Ackerboden und auf Schutt wachsen ausser dem Ackerchampignon, Agaricus campestris, dem Bovist, Lycoperdon bovista, und einzelnen Gräsern, wie Triticum repens, Poa annua, die Euphorbia Peplus und helioscopia, die Nessel, Urtica urens, mehrere Lamium-Arten, Borago officinalis, Thlaspi arvense und Capsella bursa pastoris, Alsine media, Senecio vulgaris, Anagallis arvensis; Atriplex, viele Chenopodien, besonders Chenopodium foetidum, die Nachtschatten, besonders Solanum nigrum, der Stechapfel, das Bilsenkraut, gemeine Flohkraut, mehrere Sisymbrien u. a. m. suchen besonders die Nähe menschlicher Wohnungen, eine Folge ohne Zweifel von dem Vorhandensein gewisser Salze in den hier befindlichen Schuttmassen, welche jenen Pflanzen nothwendig sind. Den Gegensatz der Sumpfbodenarten, den trocknen Boden ohne besondere Rücksicht auf bestimmte Bestandtheile, charakterisiren solche Pflanzen, die einen Mangel an Feuchtigkeit lange vertragen können, z. B. Sedum acre u. a. Arten, Antirrhinum Linaria, Campanula rotundifolia, Scabiosa Columbaria, Carlina vulgaris, mehrere Nelkenarten, z. B. Dianthus Carthusianorum, das Hartheu oder Hypericum perforatum, die Erdbeere, Potentilla verna und alba, auch Agrostemma Gitago und Centaurea cyanus (Kornblume) und der Hederich, Raphanus ruphanistrum[1], ferner Luzula campestris oder die Feldsimse und einige Gräser, wie Hordeum murinum, Bromus mollis. Für alle diese Pflanzen gilt ein schon bei den eigentlichen Humuspflanzen berührter, überhaupt in der Bodenkunde bedeutungsvoller Satz, dass nämlich die Pflanzen selbst die

1) Während der Bruch-Hederich, Sinapis arvensis, feuchten Boden liebt.

Bodenverhältnisse ändern. Dies zeigen nicht nur die Waldungen; auch die Gräser, Moose, Kräuter führen durch ihr Wachsthum neue Verhältnisse herbei, die dann auch neue Pflanzen herbeiziehen. Gewisse Gräser heben durch ihre Wurzeln u. s. w. den Boden, entrücken ihn der Versumpfung, und auf ihren abgestorbenen Resten siedeln sich andere Arten an, denen die nun entstandene Trockenheit besser zusagt. In andern Fällen vermehrt eine neu angesiedelte Sandpflanze den Humus; die von ihr lebenden Insekten, die Würmer u. s. w. tragen ferner dazu bei, und so treten nach und nach minder genügsame Pflanzen auf. Im Grunde ist es nur eine Nachahmung und Beschleunigung des letzteren Verfahrens, wenn man auf Sandboden erst Lupinen baut, um sie unterzupflügen und den Boden für bessere Pflanzen geeignet zu machen (die sogenannte „Gründüngung").

Die auf obige Weise gebildeten Hauptkategorien von Boden bilden den Fluthschuttboden, theils für sich, theils gemengt, theils in Wechsellagerung. Auch der Grundschutt wird, wie bereits angedeutet, grossentheils aus ihnen gebildet, nur dass bei letzterem — und auch bei der keineswegs seltenen Zwischenstufe des gemischten Bodens — noch einzelne andere Kennzeichen und Bestandtheile hinzutreten. Der Grundschutt würde im Allgemeinen ganz so eingetheilt werden können, wie die Gesteine; indessen lassen sich doch mit Vortheil besondere Gruppen zusammenfassen. Eine gewisse Selbständigkeit haben die Grundschuttbodenarten mit vorwiegendem Kalk, bei denen folglich ein Kalkfels, sei dies der in Deutschland so sehr verbreitete Muschelkalk, oder der Plänerkalk, oder irgend ein anderes Kalkgestein, das Grundgebirge bildet. Das Deckengebirge ist gewöhnlich kein reiner Kalk, da eines Theils organische Beimengungen stets vorhanden sind, andern Theils die schwerer löslichen Theile, namentlich also die Sand- und Thontheile, in etwas grösseren Mengen, als im Gesteine, bleiben. Dasselbe gilt vom Dolomit, wenn solcher neben Kalk zugegen ist. Daraus folgt nun, dass hier das Deckengebirge sich meist günstiger verhält, als sehr kalkreicher Fluthschutt. Nur bedingt die Durchlässigkeit des Grundgebirges eine Neigung zur Trockenheit, und sonnige Hänge werden demzufolge leicht dürr. Die schattigen Hänge dagegen, namentlich solche, an denen sich die Oberkrume hält oder gar häuft, gehören oft zu den fruchtbareren Ländereien. Der Grundschutt mit vorherrschendem Sande ist im Wesentlichen ein unreiner Sand, daher ebenfalls günstiger, namentlich reicher, als der meiste Fluthschuttsand; indessen bewahrt er immer den Sandbodencharakter, wie dies die zahlreichen Landstrecken auf Buntsandsteinboden, Quadersandsteinboden u. s. w. genugsam darthun. Der aus Verwitterung von schiefrigen Felsen hervorgegangene Thonboden ist aus ähnlichen

Gründen im Allgemeinen gut, namentlich aber kommt hier die oft rissige, geklüftete, daher das Wasser durchlassende Beschaffenheit des Grundgebirges ihm zu Hülfe. Die Mergel liefern selbstverständlich guten Mergelboden und sind in dieser Weise die Keupermergel an vielen Orten rühmlich bekannt. Die Zahl der zusammengesetzten Grundschuttarten wird ganz ausserordentlich vermehrt durch die grosse Zahl der massigen Gesteine, denen ihre Tuffe und Trümmergebilde im Ganzen entsprechen, wie sich auch die Gneisse und krystallinischen Schiefer an Granit und ältere basische Massengesteine anschliessen. Fast durchgängig sind die aus den Eruptivgesteinen gebildeten Bodenarten reich; dies gilt von den Laven, z. B. am Vesuv, Aetna, auf Santorin u. s. w. erfahrungsmässig in hohem Grade, und sind sie besonders Seitens der Weinbauer gesucht. Ganz ähnlich verhalten sich aber Trachyte, Basalte und Dolerite, sowie die Melaphyre und Palatinite, auch Porphyre und selbst Granite. Die meisten der aus ihnen entstehenden Bodenarten sind reich an Alkalisalzen; die basischeren Gesteine liefern dazu stets grosse Mengen von Carbonaten, besonders Kalk und kohlensaure Magnesia, ohne dass aber deren Menge eine übermässige zu sein pflegt. Diejenigen, welche freien Quarz enthalten, geben als ungelösten Rückstand einen Lehm, die übrigen Thon; doch ist letzterer gewöhnlich nicht rein, sondern in zweckmässiger Weise gemengt, wenn er auch oft bedeutende Mengen stark thonigen, bündigen, undurchlässigen Bodens liefert. Der Eisengehalt ist oft gross, aber selten übergross, und ein stetes Merkmal dieser, wie aller Grundschuttarten ist ein gewisser Gehalt an kleineren, aber meist noch kenntlichen Stückchen des Grundgebirges. Sehen wir von diesen Stückchen ab, welche übrigens in dem meist thonig-lehmigen Boden als gröbere Skelettheile und ausserdem als Reservoir der löslichen Zersetzungsstoffe günstig wirken, so liefert der Granit meist einen mittleren oder fetteren Lehm, ebenso Gneiss (nur dass dieser in der Regel langsam verwittert) und Glimmerschiefer, während Kalkglimmerschiefer Mergelboden giebt. Der Porphyr und Trachyt giebt meist einfach Thon, manchmal auch Lehm, der Klingstein thonreichen Mergel. Der Basalt nebst Dolerit u. s. w., sowie die Melaphyre und viele Diabase (nebst ihren Tuffen) geben ebenfalls ein kalkhaltiges und thonführendes, dabei stets talk- und oft ziemlich stark eisenhaltiges Produkt; fast ebenso, wie diese und andere Augitgesteine, verhalten sich die Amphibolgesteine, die Diorite, Hornblendeschiefer u. s. w.; nur sind hier im Ganzen die Talkbeimengungen noch stärker. Der Thongehalt ist bei beiden Gruppen nicht überwiegend; ebenso wenig beim Serpentin, der sich in Magnesiumcarbonat zersetzt und dem entsprechend einen — übrigens stets unreinen, thon- und eisenhaltigen — Dolomitboden giebt. — Der Gyps- und Salzboden

ist in seinen Eigenschaften, die von seinem Auftreten als Fluth- oder Grundschutt unabhängig sind, bereits oben charakterisirt.

Die gemischten Bodenarten, also Gemengsel von Grund- und Fluthschutt, finden sich hauptsächlich da, wo bestimmte Gesteine von leichterer Verwitterbarkeit grössere Distrikte einnehmen. Der von anderen Orten angeschwemmte Boden muss sich nun nothwendiger Weise mit dem angestammten mengen. So finden wir auf unseren Buntsandstein- und Keuperbildungen fast durchgehends eine dem Grundgebirge entstammte röthliche Farbe des Bodens; auf dem Keuperterrain zugleich vorwiegend eine fette, thonige Beschaffenheit. In England, wo das secundäre Gebirge in unregelmässigen, breiten Streifen von *SW.* nach *NO.* durch das Land zieht, drückt jede der unterliegenden Bildungen in gewissem Grade ihre Eigenthümlichkeiten dem ganzen Boden einschliesslich des Fluthschuttbodens (Diluviums) auf. Nicht minder, ja in noch höherem Grade sind die Bodenskelettheile von den in der Tiefe oder in der Nähe anstehenden Felsarten abhängig. Falls überhaupt Felsarten, die solche Bodenskelettheile, Steine u. s. w. liefern können, in der Nähe vorhanden sind, ist es immer ein Zeichen eines besonders kräftigen Transportes von Fluthschuttbestandtheilen aus weiter Ferne, wenn dieses Moment zurücktritt. Ganz fehlen wird es wohl nie und manchmal, z. B. an manchen Punkten der Ränder der mitteldeutschen Muschelkalkhöhen, ist es in ausserordentlichem Grade zu beobachten[1]). Im Ganzen wird man, sobald man nur die Gesteins- und Bodengemengtheile einer bestimmten Gegend einer eingehenden Vergleichung unterzieht, ziemlich bald zu einem richtigen Einblicke in die Natur der Bodenarten gelangen und namentlich den unter dem Boden anstehenden Bildungen und dem weiteren Transporte ihren richtigen Antheil an der Bodenbildung zuschreiben.

Unabhängig von der Beschaffenheit des Bodens, der Bestandtheile seiner Ober- und Unterkrume, von seinem Bau u. s. w. hat jedes Stück Land noch bestimmte Eigenschaften, welche von seiner Lage und dem Verhalten zu seiner Umgebung abhängen. Zunächst ist der Grad der Feuchtigkeit zwar in gewissem Grade den Bodenbestandtheilen zuzuschreiben; Land mit Thongehalt oder Thonuntergrund ist feuchter als Sand, Kies. Allein in noch höherem Grade wirkt auf diesen Feuchtigkeitsgrad die Lage ein, insbesondere die Höhe über dem Meeresspiegel und insbesondere die relative Höhe über den benachbarten Terraintheilen, über den nächstliegenden Partien eines Thales und deren Wasserspiegel (See- oder Flussspiegel). Es ist zu Ende des vorigen Abschnittes bereits von dem Stande des

---

1) In dieser Beziehung grossem Wechsel unterworfen, daher aber auch höchst lehrreich ist unser Diluvium.

Grundwassers die Rede gewesen; nur eines Hinweises aber bedarf es darauf, wie sehr der Wasserstand auf Güte des Landes, sogar auf die Bestandtheile (z. B. Moorerde) wirkt. Im Ganzen wird für trockne, warme Bodenarten ein hoher, für kalte, feuchtere ein niedriger Grundwasserstand vorzuziehen sein. Die vielen Abstufungen zwischen den zu Eingange dieses Kapitels angegebenen Grenzen bezeichnet man ziemlich allgemein als dürren oder hitzigen, heissen Boden, der dem Gefühl keine Feuchtigkeit zu erkennen giebt und auf $^1/_4$ Meter Tiefe immer noch weniger als 1 Tausendstel Wasser, dem Gewichte nach gerechnet, enthält; dann als trockenen Boden mit 1 bis $1^1/_2$ Tausendstel; dann als frischen oder mässig warmen mit $1^1/_2$ bis $2^1/_4$ Tausendsteln; als feuchten, der mehr, und zwar bis zu 8 Tausendsteln enthält; als kalten oder nassen mit noch grösserem Gehalt, das Wasser aber immer nur tropfenweise abgebend; endlich als wassersüchtigen oder sumpfigen. Dieser umfasst die gradezu nassen Wiesen und die Brüche, während zum nassen Boden noch etwas besseres Grasland, zum feuchten auch andere niedrig gelegene Felder, Weizenboden und gute Wiesen, zum frischen humose, lehmige Ländereien, zum trocknen mergelige, zum dürren meist Kies- und Sandboden gehören. Die Regenmenge, das Klima, beide von der Entfernung vom Aequator, von der Meereshöhe, von der Bodengestaltung, von den herrschenden Winden abhängig, üben selbstverständlich einen sehr grossen Einfluss aus, und ist alles dies bei Erörterung der Fragen zu berücksichtigen, ob eine Aenderung des Wasserstandes nach irgend einer Richtung, ob eine die Witterungsverhältnisse oder die Wasseransammlung beeinflussende grössere Veränderung der Culturarten (Entfernen von Wald, Trockenlegen von Mooren, von grossen Teichen) wirklich rathsam ist oder nicht[1]. Auch spielt die Orientirung der einzelnen Punkte eine grosse Rolle; überall ist die Sonnenseite, auf der Norderdhälfte die nach Süden zu belegene Seite eines Hanges, wärmer und trockner, die entgegengesetzte kälter; daher Obst, Wein, Korn an jener, Wald- und Graswuchs an dieser meist leichter und besser zu erzielen sind. Die herrschenden Winde kommen hinzu; sind diese vorwiegend feuchter Art, wie die Antipassatwinde (Südwestwinde) bei uns, so ist dies im Ganzen für die Fruchtbarkeit der Gegend ein grosser Gewinn, und wenn auch in den nach West und Südwest offenen Gegenden ein Mehrbetrag von Niederschlägen den andrerseits orientirten (also östlich von Gebirgen oder höheren und ausgedehnten Hügelzügen belegenen) Landstrichen gegenüber hierdurch bedingt wird, so ist dies doch selten schädlich. Ein Beweis dafür ist z. B. die ausserordentlich günstige Lage Frankreichs mit seinen mehr nach Westen offenen Thalstrichen, der herr-

1) Vergl. besonders Abschn. II, Kap. 3.

liche Pflanzenwuchs der unteren Tejogegenden in Portugal u. a. m., während wir im östlichen Deutschland öfter schon an einem Mangel an Niederschlägen leiden. Besondere Aufmerksamkeit erfordern Gegenden mit herrschenden trocknen Winden, wie z. B. Australien, viele Theile Vorderasiens; in solchen Gegenden ist das in gewissem Grade von jeder Cultur der Vegetation gegenüber ausgeübte Zerstörungswerk weit schädlicher, weit schwerer zu ersetzen, und wenn Culturvölker aus regenreicheren Gegenden in solche Districte einwandern, wie die Europäer in Australien, wäre es doppelt wünschenswerth, dass sie minder rasch und rücksichtslos mit Beil und Axt vorgingen. Dass specielle Lagenverhältnisse überall ausserordentlich in Betracht zu ziehen, dass abgesehen von Hochgebirgen auch die Nähe von Wäldern, Sümpfen, grossen Wasserspiegeln kühlend wirkt und die Feuchtigkeit mehrt, dass man alle diese Gegenstände also da, wo letztere wirklich nothwendig oder nützlich ist, möglichst zu erhalten hat, ist ebenso wahr, als es leider nur selten beherzigt wird.

Der Einfluss der Wärme ist dem der Feuchtigkeit in gewissem Grade entgegengesetzt; beide aber sind dem Pflanzenwuchse absolut nöthig, und feuchte Wärme ist als der gedeihlichste Zustand zu bezeichnen. Die Wärmequellen des Bodens sind, da die chemische Wärmeerzeugung und der Einfluss des wärmeren Erdinnern verschwindend klein für jede Stelle der Bodenoberfläche sind, Luft und Sonne. Jene aber absorbirt zu Zeiten auch wieder Wärme, insbesondere durch Ausstrahlung, und somit bleibt die Bestrahlung durch die Sonne und die Wärmeleitung von der obersten Schicht der Erde nach abwärts immer die einzig praktisch wichtige Quelle. Der Untergrund dient nur als Regulator; er hat, je weiter wir abwärts dringen, um so gleichmässigere Temperatur, so dass (vgl. Abschn. 2, Kap. 1) auf 0,6 bis 1 Meter Tiefe in Deutschland überall die Frostgrenze erreicht wird. Der Grund davon ist das durchgehends schlechte Leitungsvermögen der Bodenarten, das bei dem Bodenskelett am schlechtesten ist, daher Feinerde die Wärme rascher einzieht, aber auch rascher wieder abgiebt. Ist die Oberfläche mit Vegetation bleibend bedeckt (mit Gras, Waldbäumen), so ist die Gleichförmigkeit noch grösser; hierauf beruht die Wirkung der Vegetationsdecke, dass sie den verschiedensten Bodenarten eine mässigere Temperatur erhält, als denselben sonst zukommen würde. Sie macht z. B. Sandboden im Winter wärmer, Kalk im Sommer kühler. Was die Sonnenbestrahlung anlangt, so wirkt ganz unabhängig von der Zusammensetzung die Farbe in hohem Grade, so dass schwarze oder doch dunkle Erde weit rascher erwärmt wird, als helle. Obgleich nun die Ausstrahlung für jene eine ebenso viel raschere ist, so wirkt doch bei der schlechten Wärmeleitung des Bodens die Bestrahlnng in anhaltenderer Weise günstig, als die Ausstrahlung ungünstig wirken kann; daher dunkler Boden im Ganzen

wärmer ist, als heller, namentlich wenn in jenem ein gewisses Quantum (schlecht leitender) Skelettheile enthalten ist. Die Schwankungen, welche von Tag zu Nacht stattfinden, gleichen sich, wie aus obigen Daten hervorgeht, schon ziemlich bald aus; schon bei 0,2 Meter Tiefe werden dieselben sehr gering.

Die Neigung der Fläche eines Grundstückes ist von so grosser Wichtigkeit, dass man sich in vielen Fällen genöthigt gesehen hat, eine künstliche Verbesserung derselben eintreten zu lassen. Man unterscheidet, wie überhaupt, die Böschungswinkel nach Graden und nennt solche von der söhligen Lage oder 0° an bis 10° flach geneigt, lehnig oder sanft abhängig; dieser Winkel ist zugleich die Grenze des Ackerlandes, und hat man eine steilere Böschung, so muss man schon den Abhang mit Hülfe von Erdarbeiten so herrichten, dass steilere Partien, in manchen Gegenden Ufer genannt, mit Gras oder Buschwerk bewachsen, mit lehnigen Feldern wechseln. Diese Art des Ackerbaues findet sich in manchen Gegenden des deutschen Hügellands in ziemlicher Ausdehnung. Der Böschungsgrad von 10° ist indessen für das Auge schon ein ziemlich steiler; ein Weg, der grade an ihn hinaufführte, würde auf etwas weniger als 6 Meter 1 Meter Steigung haben. Die wirklich günstigen Ackerfelder sind auch erheblich flacher geneigt, unter 5°, und die günstigsten haben eine Neigung von etwa 1 bis höchstens 2°, nicht aber völlig söhlige Lage, welche den Wasserabfluss behindert. Bei der folgenden Kategorie, den mässig steilen oder stärker abhängigen Böschungswinkeln von 10° bis 20°, kann Anfangs noch jene künstliche Hülfe angewandt werden; nähern sich aber die Winkel der oberen Grenze — einer Böschung von etwas weniger als 1 : 3 —, so ist auch die Herrichtung von steiler geböschten Ufern nicht mehr aus reichend, die Beackerung abgeschnitten. Die übrigen Culturen (Wiese, Weide, namentlich Wald) gehen noch bis auf steilere Flächen hinauf; aber auch der Wein- und Gartenbau kann durch Anlage von Terrassen, welche dann Futtermauern oder steile, stark gepflasterte Böschungen bekommen, nicht nur an den abschüssigen Böschungen von 20° bis 30° (steiler als 1 : 2), sondern selbst noch auf den steilen Böschungen von 30° bis 40° (bis etwa 5 : 6) ermöglicht werden.[1]) Man thut dies sogar mit Vorliebe an südlichen Hängen, welche nicht nur der Qualität der erzeugten Producte günstig sind, sondern — vielfach gemachten Angaben entgegen — auch eine etwas grössere Quantität von Pflanzen grade wegen der günstigen Bestrahlung durch die Sonne zulassen. Ueber die letztangegebene Grenze hinaus lassen indessen die pralligen, zwischen 40° und 50° geböschten, und endlich die schroffen, zwischen 50° und 90° geböschten, über-

1) Dasselbe gilt im Süden Europas für Oelpflanzungen u. s. w.

haupt so gut wie unpracticabeln Hänge eine regelrechte Benutzung, selbst eine geregelte Waldcultur, nicht mehr zu. —

Die Beurtheilung der vielfach vorgeschlagenen und theilweise bewährten Verbesserungen bleibender Art oder der Meliorationen des Bodens, welche im Gegensatze zu den periodisch zu wiederholenden Zufuhren von Pflanzennährstoffen oder Düngungen auf längere Zeit die Beschaffenheit eines Grundstückes zu ändern im Stande sind oder sein sollen, ergiebt sich aus allem Obigen im Grunde von selbst. Es gehören zu diesen Verbesserungen die Bodenmischungen, die Regulirungen der Bodenfläche, die Regulirungen der Ent- und Bewässerung und bleibende Anlagen für die Zuführung der Nährstoffe. Die letztere selbst, auch die Zufuhr der in vorigem Kapitel betrachteten Mineraldünger, ist im Allgemeinen für jede Bodenart nützlich, für die meisten nöthig, kommt aber hier nicht in Betracht. Mag der Dünger aus organischer Masse oder aus Phosphaten, Sulfaten, Nitraten der Alkalien u. s. w. bestehen, welche das Mineralreich liefert, immer werden diese Stoffe von den Pflanzen assimilirt und verschwinden nach kurzer Zeit wieder aus dem Boden. Anders die Bodenmischungen. Diese sollen einem Mangel in der Zusammensetzung der Ackerkrume bleibend abhelfen; wo dürrer Sand vorhanden ist, muss thonhaltiger Mergel zugesetzt werden; wo allzu reiner, bündiger Thon vorhanden, muss Sand und Kalk zugesetzt werden; wo zu grosse Quantitäten freier Humussäure zugegen, ist Kalk oder kalkreicher Mergel herbeizuschaffen; wo dieser im Uebermaass vorherrscht, ausser Humus auch wo möglich Thon oder Thon und Sand. Die Beurtheilung, welche Stoffe als Zusatz für irgend eine Bodenart nützlich sein können, giebt daher in letzter Instanz immer die chemische Untersuchung, welcher indessen die Beobachtungen des Pflanzenwuchses und des physikalischen Verhaltens, der Cohärenz (Bündigkeit, in höherem Grade übermäsige, Schollenbildung, Festigkeit) oder des Mangels an derselben (Schüttigkeit, in höherem Grade Lockerheit), des Wasseransaugungs- und Wasserhaltungsvermögens vorangehen werden. Die chemische Untersuchung der zuzusetzenden Bodenarten ist aber deshalb immer nothwendig, weil man zu ermitteln hat, ob ein Zusatz des betreffenden Bodens nicht verhältnissmässig zu theuer (im Vergleich zu seinen Leistungen) sein würde. Wäre z. B. ein diluvialer Sandboden mit nur 10 Procenten lehmiger und anderer Theile zu verbessern, und fände man in der Nähe einen fetteren Geschiebemergelboden, den man ohne erhebliche Kosten zusetzen könnte, so würde doch bei einem Kalkgehalte desselben von 10 Procenten und bei einem Thongehalte von 20 Procenten eine sehr grosse Masse von Zusatzboden erforderlich sein, um namhafte Aenderungen herbeizuführen. Man würde 70 Procente des zuzusetzenden Bodens ganz unnützer Weise zu gewinnen und

zu transportiren haben, um nur die 30 Procent nützlicher Bestandtheile zu erhalten, und es wäre zu berechnen, ob man nicht auf anderem Wege, durch Zufuhr von reinerem Mergel und Thon oder von Kalk, wenn dieselbe auch aus weiterer Entfernung zu bewerkstelligen wäre, doch billiger dasselbe Resultat erzielen könnte. Die Mergelungen sind ohne Zweifel die ausgedehnteste Procedur der Bodenmischungen; doch ist auch das vielfach als nützlich erkannte Brennen sonst wenig ergiebigen und schlecht zu behandelnden Thones (welches andere aufschliessbare Silikate hervorbringt), das oben erwähnte Brennen des Torfes, das Sandeinfahren in Sümpfe u. a. m. hierher zu stellen. Das Charakteristische bleibt immer eine ausgiebigere, auf längere Zeit wirkende Aenderung der Bodenbestandtheile, wenn man auch Angesichts der in der Natur vorgehenden langsamen, aber überaus mächtigen Wirkungen die Hoffnung auf eine durchaus bleibende Abänderung nicht wohl festhalten kann. Sogar die von der Natur geschaffenen Bodenarten werden, wie es vielfach zu beobachten, durch die Regenwässer ausgelaugt und ausgeschlemmt, der zähe und mächtige Geschiebemergel unseres Diluviums verliert in seinen oberen Schichten den Kalk, aus seiner allerobersten Lage wird sogar die Thonerde nach unten gefördert, und wird somit dieser Mergel in einer unregelmässig begrenzten Oberschicht theils in Lehm, theils — in der eigentlichen Oberkrume — selbst in lehmigen Sand umgeändert. Dem gegenüber kann man unmöglich den doch immer nur geringeren Zufuhrmassen eine unbegrenzte Zeitdauer zumessen. Nach einer gewissen Reihe von Jahren, die wohl bedeutend wechseln, von der Regenmenge, namentlich von der Beschaffenheit des Untergrundes [1]) abhängen kann, daher stets erst erfahrungsmässig zu ermitteln sein wird, muss man immer eine dem früheren Verhältniss ähnliche Zusammensetzung des Bodens erwarten, und darf bei der Veranschlagung keinenfalls eine definitive und auf alle Zeiten gesicherte Bodenänderung als Resultat voraussetzen. Eine besondere Abart der hierher schlagenden Arbeiten ist das Heraufholen von Boden aus der Tiefe, eine oft sehr nützliche, dabei meist billige Arbeit, der in jedem Falle jedoch eine gründliche Untersuchung durch Bohrungen und Ermittlung des geologischen Baues der Gegend vorausgehen sollte. Ohne solche Untersuchung würde man statt Nutzens Schaden zu stiften in Gefahr sein, wenn auch im Allgemeinen solche Fälle seltener sein dürften, als meist angenommen wird.

Die Regulirungen der Bodenfläche bestehen in Ebenen derselben, in Ausfüllen der natürlichen oder künstlich gemachten Vertiefungen,

---

1) Auch bei natürlichem Boden hat dieselbe grossen Einfluss, so dass z. B. dünne Geschiebemergelschichten über Sand viel intensiver in der oben angegebenen Weise umgeändert sind.

in Abtragen störender Erhöhungen, im Terrassiren, wobei man selbstverständlich sehr häufig auf zweckmässige Bodenmischung zugleich Rücksicht nehmen kann. Viel schwieriger ist, wie schon öfter berührt, die Frage, inwiefern eine Veränderung des Grundwasserstandes, eine Eröffnung oder Verschliessung bestimmter Wasserabzugscanäle oder Wasserzuflüsse nützlich oder schädlich ist. Der grosse Nutzen, den die (in ihrer technischen Ausführung gegen Ausgang des zweiten Abschnittes kurz besprochenen) Drainagen an vielen Orten geschaffen haben, hindert nicht, dass sie an einzelnen anderen Stellen ungünstig wirken, und wenn ganze Landstriche, welche ehedem nur einen sehr misslichen Ertrag gaben, seit der Einführung dieser Melioration in einen äusserst günstigen Stand versetzt sind, so hat man doch an manchen Orten viel Geld und Arbeit unnütz für dieselben verausgabt. Schwerer, wasserhaltiger, also kalter Boden wird immer der einzige sein, der vom Drainiren grossen Vortheil zieht; da aber, wo derselbe in grösserer Mächtigkeit, ohne durchlässigen Untergrund vorhanden ist, da ist die Anlage der Drains in der That eine nicht hoch genug zu schätzende Wohlthat.

Die Bewässerungen, ehedem meist auf Wiesencultur beschränkt, fangen neuerdings eine grosse Rolle zu spielen an, namentlich seit man nicht das blosse Befeuchten als Endziel hinstellt, sondern erkannt hat, dass eine Zufuhr düngender Stoffe sehr wesentlich, ja die Hauptsache dabei ist. Die Berieselungen der Wiesen mit Flusswasser machen davon keine Ausnahme. Auch hier ist das Wasser zugleich Träger einer Menge Nährstoffe der Pflanzen; je reicher es an denselben ist, desto besser wirkt es, und die Wiesenbesitzer in Gegenden, welche alljährlichen Winter- und Frühjahrüberschwemmungen ausgesetzt sind, wissen gemeiniglich sehr wohl zwischen den Wässern zu unterscheiden. Das Wasser des Hauptflusses bringt stets mehr Düngstoffe aus dem frisch gedüngten, locker gefrornen Ackerboden mit, welchen es oberhalb überschwemmt hat; und aus demselben Grunde ist die Frühjahrsüberschwemmung von ihnen im Allgemeinen höher geschätzt, als die herbstliche. Die sommerlichen Ueberschwemmungen sind selbstverständlich nur schädlich, da sie das Gras gradezu unbrauchbar machen; die demselben angehängten zersetzten organischen Theile erzeugen ohne Zweifel schädliche mikroskopische Pflanzen und Thiere und wirken oft höchst verderblich. So sehr daher die Regulirungen der Flüsse durch Beseitigen oder doch Mindern der früher oft regelmässigen Frühjahrsüberschwemmungen für manche Wiesendistricte nachtheilig geworden sind, so wird dies doch durch die Minderung der Gefahr der Sommerüberschwemmungen immer in gewissem Grade aufgewogen. Auf alle Fälle aber kann man durch gehörig nivellirte Bewässerungsgräben mit Schleusen, die also verschliessbar sind, Ersatz schaffen, z. B.

auch bei niedrigem Wasserstande aus thalaufwärts gelegenen Theilen des Flusses Wasser einführen u. s. w. Dies Verfahren giebt im Allgemeinen die Stauwiesen (und Stauäcker), auf welchen man eine gewisse Zeit das düngende Wasser hält und von welchen man es dann wieder ablaufen lässt; es ist uralt und in grosser Vollkommenheit schon vor Jahrtausenden von den Aegyptern am Nil ausgeübt. Ausserdem aber sind künstliche, mechanische Vorrichtungen zum Bewässern vielfach getroffen, endlich aber künstliche Zuleitungen geschaffen, durch welche sich das System der Berieselungswiesen herausgebildet hat, früher noch an manchen vorgefassten Meinungen krankend [1]) und meist nur als „wilde" Berieselung ausgeführt, neuerdings rationeller betrieben. Insbesondere gehört zum rationellen Verfahren ein richtiges Verhältniss des Wassers zur Berieselungsfläche. In früherer Zeit hatte man in der Regel nicht so viel gutes Wasser, um grosse Anlagen zu versorgen; die auf solche mangelhafte Verhältnisse von etwa 50 Jahren vielfach angelegten Berieselungen sind daher z. Th. wieder eingegangen, oder man hat eine abwechselnde Berieselung und sonstige Düngung einzelner Theile der Rieselwiesen eintreten lassen u. dergl. m. In allerneuester Zeit sind dagegen die Berieselungen mit den Abfallstoffen grösserer Ortschaften oder Institute ausserordentlich in Aufnahme gekommen, und bei der grossen Verlegenheit, welche die Frage der möglichst billigen und dabei unschädlichen Fortschaffung solcher Stoffe thatsächlich noch fortwährend bereitet, hat man selbst ganz enorme Kosten für Leitungen des mit den Abfallstoffen vermischten Wassers nicht gescheut. Gewöhnlich hat man dabei von vornherein den dem früheren entgegengesetzten, aber immer noch sehr grossen Fehler gemacht, die Rieselfelder viel zu klein anzunehmen. Diese vermögen die zugeführten Stoffe selten völlig zu verarbeiten, selbst die ausserordentlich vermehrte, ja übermässig getriebene Vegetation reicht dazu nicht aus. Stets geht eine Menge nährender Salze verloren, die in Lösung bleiben und die der Boden nicht filtrirt; der Ueberreichthum an solchen Salzen bedingt auch das überreiche, geile Wachsthum des Grases, der Gemüse in solchen Rieselfeldern, das der Schmackhaftigkeit und Qualität nicht selten Abbruch thut. [2]). Unbedingt aber wird auch

1) Z. B. an der von Vincent (Bewässerung und Entwässerung der Aecker und Wiesen, Berlin 1876, in der Thaer-Bibliothek) widerlegten Peterson'schen Ansicht, dass man das Wasser nur in den Untergrund zu leiten habe; an der Manier, das gestaute Wasser, um das Gras vor Frost zu schützen, über Winter stehen zu lassen.

2) Das Rieselgras ist übermässig saftig, daher beim Trocknen theilweise gährend und bei dem Mangel an aromatischen Stoffen leicht übelriechend. Gleichwohl wird es vom Vieh, das daran gewöhnt ist, mit Vorliebe gefressen, eben in Folge jenes Salzreichthums.

eine Menge Humussäure in ungelöstem Zustande abgesetzt und wirkt nun insofern nachtheilig, als sie eine schwer durchlässige dünne Schicht auf der Bodenoberfläche bildet. Es ist dies ohne Zweifel Folge davon, dass die aus den Städten u. s. w. abgeführten Düngmassen im Ganzen reich an Schwefelwasserstoff und nicht sehr reich an Ammoniak (Stickstoff) sind. Von der Existenz einer solchen Schicht giebt die Untersuchung aller Rieselfelder sicheren Beweis; jede nach der Ueberrieselung trocken gelegte Stelle hat die bekannten, oben beschriebenen Humusschollen. Vermehrt wird deren Menge noch im Winter, während dessen überhaupt die humus- und düngerhaltigen Stoffe in einem übermässigen Vorrathe herbeigeschafft werden, den man nicht immer durch rechtzeitigen Zusatz von Kalk unschädlich macht. Diesen Verhältnissen gegenüber erscheint in der That die bisher für die Rieselfelder angesetzte Flächengrösse viel zu klein, und es ist völlig erklärlich, wenn Techniker bereits angefangen haben, von dem Ansatze, welcher bisher gemacht wurde [1]), eine Verdreifachung zu verlangen. Die minutiöseste Ausnutzung des Terrains, die Anlage von Rinne bei Rinne mit ganz schmalen Zwischenräumen kann selbstverständlich keinen Ersatz dafür schaffen. Ganz besonders vermehrt werden alle genannten Uebelstände, wenn der Boden zu wenig durchlässig oder wenn seine Mächtigkeit über einer festen oder undurchdringlichen Schicht oder auch über dem Grundwasser zu gering ist. Sehr durchlässiger Boden, wie Flugsand, ist bei genügender Mächtigkeit, z. B. auf den Dünen bei Danzig, wohl im Stande, jene Nachtheile minder fühlbar zu machen. Macht man aber die Anlagen in einem Thale, auf niedrig gelegenen Stellen, so wird der Boden zwar im Anfange noch die mit Abfallstoffen vermischten Wässer filtriren, bald aber imprägnirt sein, daher die Abfallstoffe unzersetzt ins Grundwasser und benachbarte Graben-, Bach- oder Flusswasser gelangen lassen. [2]) Es liegt übrigens auch abgesehen von alledem auf der Hand, dass lediglich vom landwirthschaftlichen Standpunkte aus die Berieselungsanlagen einschliesslich der oft sehr kostspieligen — und in der Unterhaltung sicher in viel höherem Grade, als man jetzt meist bedenkt, misslichen — Röhrenleitungen und des Maschinenbetriebes kaum als rentabel bezeichnet werden können. Ihre Vorzüge liegen auf dem Gebiete der Gesundheitspflege; und wenn sich wirklich herausstellen sollte, was die Anhänger des „Canalisirungssystems" der Städte immerfort hervorheben, dass die ebenso billige Beschaffung eines wirklich guten, die Einwohner nicht behel-

1) Gefängnissanstalten von einem Personale von 1400 bis 1600 Personen sollten mit 8 bis 10 Morgen (preuss.) auskommen; während es fraglich scheinen kann, ob die in Uebereinstimmung mit Obigem geforderten 30 Morgen genügen.

2) Vergl. auch S. 218 und Figur 48.

ligenden Abfuhrsystems unmöglich wäre, dann wäre in der That die Einführung jenes Systems ein unvermeidliches Uebel, wenn auch finanziell betrachtet ein ziemlich grosses Uebel. Auf alle Fälle aber muss die Landwirtschaft sich noch in ganz anderer Weise, als dies auf den bisherigen Rieselfeldern geschehen, mit der Aufgabe der Verwerthung der Rieselstoffe vertraut machen, die letzteren dem Betriebe der Ackerwirthschaft auf viel grösserem Areale dienstbar machen, die im Einzelnen sich herausstellenden Nachtheile beseitigen. Zugleich muss die Technik die Vervollkommnung der Anlage der Leitungen, Reservoire u. s. w. und unter Zuziehung der Geologie und auch wiederum der Gesundheitspflege[1]) eine wirklich zweckmässige Wahl der Rieselfelder unter Vermeidung der oben angegebenen Missstände sich zur ernstesten Aufgabe machen.

Die Cultivirung früher öder, unbenutzter Districte gehört zu den einträglichsten Meliorationen, namentlich wenn völlig unfruchtbare Strecken in irgend einer Art zu Culturboden werden. Die Oedungen in Gebirgen, wie z. B. der Karst, welcher jetzt mit äusserster Mühe in Waldcultur gebracht wird und gebracht werden soll, die oft mit ziemlich geringer Mühe nutzbar zu machenden „Steinfelder" in Flussthälern, aber auch Sümpfe und andere mit Wasser bedeckte Stellen (Flusslaufpartien, die man verlanden lässt) gehören hierher. Von letzter Art sind wohl die grossartigsten Beispiele die Flächen, welche man in Holland durch Deichbauten dem Meere bereits abgewonnen hat, wie das Y, theils abzugewinnen im Begriffe ist, wie der südliche Theil der Zuydersee.[2]) Die Bedenken, welche grosse Trokenlegungen, z. B. die von Hochmooren haben können, sind indessen immer zu beherzigen, und in noch höherem Grade muss, deren grossem indirectem Nutzen gegenüber, vor allzugrosser Einschränkung der Waldungen gewarnt werden, einem der grössten Uebelstände der fortschreitenden, an Intensität zunehmenden Cultur. Dass geologische Untersuchungen und Erörterungen und insbesondere die in dem zweiten Abschnitte niedergelegten Principien eine für alle derartigen Unternehmungen durchaus nothwendige Grundlage sind, ist gewiss einleuchtend; namentlich wird auch ohne dieselben niemals eine richtige Schätzung der einschlagenden Arbeiten und des durch sie zu erzielenden Nutzens möglich sein.

In dieser Beziehung ist die praktisch angewandte Geologie endlich auch für die richtige Taxation des Werthes von Grundstücken jeder Art unentbehrlich. Hinsichtlich derselben ist zunächst

---

1) Sonst wird das Uebel, das man beseitigen will, nur örtlich verschoben. Dass sogar Verschlimmerungen eintreten können, wenn nicht umsichtig verfahren wird, zeigt der S. 219 erörterte Fall.

2) Auch die in Unterägypten in ähnlicher Weise dem Meere abgewonnenen Landstrecken.

der Werth der Oberfläche und der vorbehaltlich der gesetzlichen, zu Gunsten des Bergbaues gemachten Einschränkungen zu bestimmende Werth der tieferen Erdmassen zu unterscheiden. In Bezug auf die letzteren wird nicht immer mit der richtigen Umsicht verfahren. Es liegt auf der Hand, dass gute Bausteine, welche unter irgend einem Grundstücke liegen, bei Verkauf und Expropriation dem Eigenthümer stets zu Gute gerechnet werden sollten, wenn er auch noch nicht wirklich einen Bruch angelegt hat. Der Werth, den ein solcher Bruch hat, steckt in dem betreffenden Areale unbedingt, und die Schwierigkeit, ihn vor Einleitung eines Betriebes zu ermitteln, sollte vor dem Versuche dieser Ermittlung nie zurückschrecken. Ganz dasselbe gilt von Thonen, von Wiesenkalk, der zu Cementdarstellung verwendbar, von reinen Sanden, welche für Glasfabrication, für Mörtelbereitung geeignet sind, von Torf an solchen Stellen, wo ein Torfstich angelegt werden kann, von Phosphoritlagern u. s. w. Kommen Steinkohlen oder andere bergmännische Objecte in Frage, so complicirt sich die Taxirung noch mehr, doch sind hierbei stets, wie angedeutet, die bergrechtlichen Verhältnisse von Belang, und wird gewöhnlich nicht ohne Weiteres der Besitzer, sondern der Bergbauberechtigte die hier in Frage kommenden Mehrbeträge zu beanspruchen haben. Selbstverständlich muss jede dahin schlagende Taxirung sich immer nach den jeweiligen Marktverhältnissen richten; Conjuncturen, welche erst durch spätere Anlagen geschaffen werden, dürfen — selbst wenn man sie als wahrscheinlich voraussetzen kann — eigentlich nicht berücksichtigt werden. Es ist zwar nicht ganz zu vermeiden, dass ein gewisser Einfluss durch nahe liegende günstige Aussichten ausgeübt wird; doch ist dies im Grunde als missbräuchlich zu bezeichnen. Zu den Fällen dieser Art gehören die immer wieder auftauchenden Vorschläge, bituminöse Schiefer, z. B. die der Liasformation, auf Mineralöl zu verarbeiten u. dergl. m. Auch das Auffinden von Mineralquellen ist hierher zu rechnen, sowie überhaupt Alles, was sonst als Erzeugniss des Bergbaufiebers und seiner Nebenarten, gewöhnlich im Anschluss an die Lokalproducte, hier und da auftaucht. Die Geologie ist gewiss nicht immer im Stande, auf derartige Fragen zuverlässige und erschöpfende Antwort zu geben, und wird sich oft eine gewisse Zurückhaltung in deren Beantwortung auferlegen; dass aber ohne Eingehen auf dieselbe die richtige Beantwortung irgend einer Frage möglich, ist entschieden in Abrede zu stellen. Will man irgend eine allgemeine Regel gelten lassen, so ist es die, mit kostspieligen Anlagen nicht zu rasch vorzugehen, die Dinge sich allmählig, so zu sagen aus sich selbst, entwickeln zu lassen. Was ein wirklich lebensfähiger, bodenständiger Industriezweig ist, arbeitet sich sicher in die Höhe; die gradezu verschwenderischen Anlagen aber, die

man oft gradezu unzureichenden Vorkommnissen von Mineralien aufgepfropft hat, ruiniren nicht nur den Unternehmer, sondern bringen auch dem Gemeinwohl bleibenden Schaden durch das Brotloswerden der herangezogenen Arbeiter und durch das Liegenbleiben wüsten Landes. Ausserdem ist jedem Besitzer eines Grundstückes anzurathen, sich nicht zu Gunsten irgend eines industriellen Betriebes auf zu lange Zeit der Disposition über dasselbe zu entäussern. Was dieser Betrieb an Material verbraucht hat, ist und bleibt verloren, während dies beim landwirthschaftlichen Betriebe nie in vollem Maasse, ja sehr oft durchaus nicht der Fall ist.

Die Taxation der Grundstücke abgesehen von diesem inneren Werthe war bis vor nicht langer Zeit nur Gegenstand einer beispielsweise erläuternden Behandlung, bei der man sich nur allzu häufig mit gewissen allgemeinen Betrachtungen über den Mangel an genaueren Bestimmungen hinweghalf. Selbst die officiellen Vorschriften — für die in nationalökonomischer Hinsicht, insbesondere auch für die Steuerabschätzung überaus wichtigen Bonitirungscommissionen u. dergl. m. — litten an diesem Fehler, und es ist in der That durch Birnbaum [1]) der erste Versuch gemacht, ein ohne Umwege ausführbares Verfahren der Abschätzung von Acker- und anderen ländlichen Grundstücke festzustellen. Dasselbe sondert zunächst die Arten der Cultur, wobei zugleich deren Grenzen (Ackerland ausgeschlossen bei 15⁰ Neigung und ohne Uferanlagen bei 10⁰, sowie in tiefen Theilen der Flussthäler, die dem Eisgange ausgesetzt sind, Weincultur über die Grenze des Weinstockes hinaus u. dergl. m.) festzuhalten sind. Das Ackerland wird in erster Instanz nach 10 verschiedenen Momenten taxirt und zerfällt nach jedem Momente in 10 Grade (Klassen). Das erste, für die Geologie und Bodenkunde wichtigste, ist die Bodenart oder Bestandsmischung. Ist diese so, dass „alle Bestandtheile vertreten sind, keiner vorherrscht", so kommt das Grundstück in die höchste Klasse; überwiegender Humus giebt die 2te, überwiegender Kalk (Mergelboden) die 3te, überwiegender Thon (Lehmboden) die 4te, überwiegender Sand (lehmiger Sandboden) die 5te, vorherrschender Thon (Thonboden) die 6te, vorherrschender Kalk (Kalkboden) die 7te, vorherschender Humus (Torf-, Bruch- und Humusboden) die 8te, vorherrschender Sand (Sand- und Kiesboden) die 9te und ganz einseitiger Boden, mit ganz fehlenden einzelnen Bestandtheilen die 10te Klasse. Das zweite Moment ist die Mächtigkeit der Krume mit Rücksicht auf ihre Vertiefbarkeit. Klasse 1 und 2

1) In verschiedenen Zeitschriften, dem S. 344 angegebenen Werke u. s. w. Mit den Taxationen der Gebäude etc. hat selbstredend die Geologie nichts zu thun, daher hier nur der pedologisch-landwirthschaftliche Theil der „Taxationslehre" berücksichtigt ist.

haben über Spatentiefe, 3 und 4 Spatentiefe, 5 nur 0,08 bis 0,1 Meter Krume, aber vertiefbar, Klasse 6 desgleichen, schwer vertiefbar, Klasse 7 nur 0,05 bis 0,08 Meter Krume, leicht vertiefbar, Klasse 8 desgleichen, aber schwer vertiefbar, Klasse 9 die vorige Mächtigkeit (0,08 bis 0,1 Meter), aber nicht vertiefbar, Klasse 10 die geringere (0,05 bis 0,08 Meter) und nicht vertiefbar. Der Untergrund giebt das 3te Moment und ist reich und zugleich physikalisch die Oberkrume verbessernd in Klasse 1, reich, aber in letzter Hinsicht indifferent in Klasse 2, einseitig gemischt und in physikalischer Hinsicht bessernd, respective indifferent in Klasse 3 und 4, arm an Nährstoffen mit demselben Unterschiede in Klasse 5 und 6, in Klasse 7 dagegen physikalisch verschlechternd, aber noch reich, in Klasse 8 dabei einseitig gemischt, in Klasse 9 arm, in Klasse 10 endlich in Bestand und physikalisch schädlich. Der Zusammenhalt der Krume ist (als 4tes Moment) einschliesslich des Verhältnisses von Feinerde zu Skelett gut (bröcklig, zerreiblich) in Klasse 1, schwach krustirend (Feinerde schon im Ueberfluss) in Klasse 2, schwach schollenbildend in 3, derb (Skelett im beginnenden Ueberschuss, stärkere, aber noch zerfallende Schollen) in 4, fest in 5 (bleibende Schollen körnigen Ansehens), dagegen leicht, schüttig, mit zurücktretender Feinerde in Klasse 6, krustirend (Luft absperrend, Feinerde und Feinkies zu innig verbunden) in Klasse 7, zäh (Feinerde im Uebermaass) in Klasse 8, locker (Skelett im Uebermaass) in Klasse 9 und lose in Klasse 10. Die Absorptionsfähigkeit der Nährstoffe und der Luft, des Wasserdampfes giebt das 5te Moment; ist sie unbeschränkt, so giebt dies Klasse 1, geringer Nachlass bedingt Klasse 2, Nothwendigkeit eines Specialdüngers 3, erschwerte Verbreitung der Bodenlösung und der Luft 4, gehinderte 5, Mangel an Feinerde, der Nährstoffverlust herbeiführt, 6, Absperrung gegen Luft und Wasserdampf 7, Nothwendigkeit von Lockerung und Drainage 8, zu viel Luftzutritt, zu wenig Binden der Nährstoffe durch Mangel an Feinerde 9, endlich Excess dieser Uebelstände 10. Die Feuchtigkeitsverhältnisse sind (als 6tes Moment) normal in Klasse 1, etwas Ueberschuss (der Boden absorbirt bei starkem Regen nicht alles Wasser) giebt Klasse 2, dauernde Vernässung bei anhaltendem Regen 3, Nassgallen bei leichter Correctur geben 4, ganz nasse oder doch feuchte Felder ebenfalls bei leicht ausführbarer (durch einfache Ableitung, durch einen Kopfstrang, siehe oben S. 207, herzustellender) Correctur 5, Nothwendigkeit voller Drainage je nach Erforderniss vieler oder weniger Stränge oder complicirter Systeme, eventuell mit Herstellung künstlichen Gefälles die Klassen 6 bis 9, endlich zu grosse Trockenheit 10. Immer soll letztere noch durch Vertiefung der Krume und Lockerhaltung zu bessern sein; ist sie es nicht, so ist das Grundstück kein Acker, wie auch dann nicht, wenn überhaupt keine Wasserab-

leitung möglich. Das 7te Moment giebt die Bearbeitungsfähigkeit; man rechnet bei Klasse 1 ein Gespann auf je 26 Hectaren, bei Klasse 10 eines auf je 8, und stufen sich die Zahlen von 2 zu 2 ab. Die Tagesleistung pro Pferdegespann ist bei Klasse 1 gleich 70 Hectaren, für jede folgende Klasse bis zur 4ten um 5 geringer, für die letzte Klasse gleich 10 Hectaren und bis zur 6ten Klasse hin jedesmal um 5 grösser; die 5te Klasse hält die Mitte zwischen 4 und 6. Die Bearbeitung (Moment 8) ist in jeder Weise möglich bei Klasse 1, in geringer Weise beschränkt (grössere Vorbereitung geboten, zeitweilige Hackfruchtcultur, für feinere Sämereien Drillcultur geboten) bei Klasse 2 bis 4, stärker beschränkt (längere Bodenverbreitung für alle Pflanzen ausser nach Hackfrüchten und Futterkräutern) bei Klasse 5; Halbbrache für feinere Sämerein und edle Pflanzen ist geboten in Klasse 6, Drillcultur nicht ausführbar in 7, Halbbrache durchweg geboten in 8, zeitweise Jahresbrache in 9 und volle Instanzsetzung in 10 geboten. Der Kraftzustand oder Reichthum des Bodens giebt das 9te Moment, und dies ergiebt die erste Klasse, wenn weder voller Ersatz, noch eine bestimmte Düngungsmethode geboten ist, die 2te, wenn nur ein leicht zu beseitigender Ueberschuss an Humus vorhanden, die 3te, wenn im Gegentheil die organischen Düngstoffe zurücktreten und ein Ersatz für dieselben (Strohdünger, Gründünger) oder Lockerung geboten ist, die 4te, wenn neben dem für Mittelernten ausreichenden Stalldünger doch zu Erzielung der Maximalerträge Mineraldünger erforderlich ist, die 5te, wenn dies auch für Mittelernten nothwendig, die 6te, wenn voller Ersatz auch für diese nicht ausreicht, sondern Specialdünger im Ueberschuss erforderlich ist; die 7te Klasse macht deren mehrere oder Absorptionskorrekturen, die 8te eine Erdmischung für die Maximalerträge, die 9te auch für Mittelerträge, die 10te eine Combination aller obigen Arbeiten nöthig. Als 10tes Moment kommt noch die Anbaubeschränkung hinzu; ist diese, sofern nicht klimatische Verhältnisse hindern, nicht vorhanden, so giebt dies Klasse 1, während Klasse 2 nicht mehr für alle Pflanzen gleich sicher, Klasse 3 für die besseren Handelspflanzen, Klasse 4 auch für die besseren Futterpflanzen nicht lohnend ist, Klasse 5 für die besseren Weizenvarietäten und Gerste nicht mehr sicher ist, Klasse 6 die Gerste, Klasse 7 den Weizen ausschliesst, Klasse 8 auch für Hafer, Klasse 9 für Roggen nicht mehr sicher ist und Klasse 10 den Lupinenboden umfasst. Diese 10 Momente, zum grossen Theil sich berührend und zu einem gewissen Theile auf dasselbe Princip hinauslaufend (wie z. B. Moment 10, Klasse 10 mit Klasse 9 des ersten Moments ziemlich identisch wird); jedoch sind sie so zusammengestellt, dass nur die wichtigeren Punkte doppelt oder mehrfach in Rechnung kommen. Noch andere Momente, z. B. die Abstammung des Bodens oder seine

Natur als Fluth- oder Grundschutt, der zufällige Stand des Humusgehaltes, werden von Birnbaum als überflüssig bezeichnet; auch die Neigung, da sie in mehreren der Momente (6, 7, 10) berücksichtigt ist, wird nicht besonders in Ansatz gebracht. Nun wird jedes Moment besonders abgeschätzt (bonitirt) und für jedes eine Werthziffer nach der Klasse, in welche für dies Moment das Grundstück gehört, eingesetzt. Klasse 1 bekommt jedesmal die Werthziffer 10, Klasse 10 die Werthziffer 1 und die zwischenliegenden Klassen werden der Reihe nach beziffert, Klasse 2 mit 9 u. s. w. Durch Addirung der Ziffern und Division der Summe mit 10 bekommt man diejenige unter 10 Klassen von Grundstücken, zu der das betreffende zu zählen, und hinter dem Decimalkomma noch den Werth der Zwischenstufe. Wäre ein Grundstück, was wohl nie der Fall, in allen Klassen mit 10 zu beziffern, so würde es dem vollen — für jede Gegend u. s. w. durch Berücksichtigung der Kaufpreise, Pachtpreise, Jahreserträge u. s. w. zu ermittelnden — Normalwerthe entsprechen; hätte es stets Ziffer 1, so würde sein Werth $^1/_{10}$ des obigen betragen u. s. w. Die Werthziffersumme 78 würde z. B. Klasse 4 mit Uebergang zu 3 (oder nahezu Klasse 3) bedingen und 78 Procenten des Normalwerthes als ermitteltem Preis entsprechen. Dieses, nach obigen Angaben für jedes Grundstück (oder doch für jeden einheitlich umgrenzten Abschnitt) mit Leichtigkeit und Sicherheit einzuschlagende Verfahren ist nun noch durch ein 11tes Moment, den zu machenden Meliorationsaufwand und zwölftens durch Rücksicht auf modificirende Einwirkungen zu vervollständigen. Sind alle wünschenswerthen Meliorationen gemacht, so fällt Moment 11 weg; in andern Fällen ist der eigentliche Werth möglichst genau so zu taxiren, als ob diese Meliorationen gemacht wären, ihr Betrag aber vom thatsächlichen Preise abzuziehen. Die letzte, 12te Kategorie berücksichtigt das Mehr oder Weniger, das für besondere Verhältnisse anzusetzen; jenes für Orientirung nach Süden, für ebene Lage, Nähe von Communicationsstrassen, von Absatzorten (Städten), von Bezugsquellen für Düngung (u. dergl.), dies für Nordlage, hohe Lage, gebirgiges Terrain, Schwierigkeit des Absatzes, der Ueberwachung gegen Diebstähle. Ganz besonders kommt hier aber auch die Entfernung vom Gehöft in Betracht, während manche andere Momente, wie Annehmlichkeiten der Gegend, welche den Ertrag nicht erhöhen, wohl in bestimmten Fällen auf Kauf- und Pachtpreis influiren können, der Bonitirung jedoch nicht zu unterziehen sind. — In ganz entsprechender Weise werden die Wiesen taxirt, nur das hier die Zahl der Momente und der Klassen eine geringere sein kann; die Krume ist das erste Moment (mit 5 Klassen, deren erste porös, frisch, warm, reich und rein, deren 2te locker, rein, ziemlich reich, deren 3te gebunden, feucht, kühl, an Humus nachlassend, aber reich an Mineralstoffen,

deren 4te kalt, überfeucht, an Humus überreich, sonst ärmer, also ins torfige übergehend, deren 5te endlich fehlerhaft ist, aber doch in Feuchtigkeit regulirbar, mittlerer Cohäsion, absorptionsfähig und nicht einseitig gemischt sein muss); der Untergrund ist das 2te (in erster Klasse mässig gebunden, reich, leicht zu bearbeiten, in zweiter ärmer, in dritter gebunden, in 4ter ohne Gegensatz gegen die Oberkrume oder doch nur physikalisch verbessernd, in 5ter indifferent oder wegen zu grosser Gleichartigkeit verschlechternd); die Lage das 3te (eben, leicht in Bewässerung zu reguliren in Klasse 1, nur zeitweise ohne Schwierigkeit regulirbar in 2, nicht ohne Kunsthülfe regulirbar in 3, nicht ohne kostspieligere Kunsthülfe und Zufuhr von Dünger in 4, uneben und sonst wie vorige in 5); der Bestand das 4te (Gras gut und kleereich in 1, mehr gemischt in 2, sehr gemischt in 3, kleeleer in 4 und noch mehr mit hartstengeligen Gräsern und Kräutern gemischt in 5); der Kulturzustand das 5te (fehlerfrei in 1, vernachlässigt in Unterhaltung in 2, in der Wasserleitung in 3, in Planirung und Verunkrautung in 4, in Allem in 5); endlich giebt der Heuertrag das 6te Moment (Klasse 1 giebt 200 Centner und mehr Normalheu pro Hectare als Totalertrag aller Schnitte, Klasse 2 nur bis 150, 3 nur bis 100, 4 bis 60, Klasse 5 nicht unter 40, wobei die zweite Heuqualität $^7/_8$, die dritte $^3/_4$, die vierte und letzte $^1/_2$ des Werthes vom Normalheu besitzt, also obige 40 Centner Normalheu 80 Centnern des schlechtesten entsprechen würden, und zu bemerken ist, dass geringerer Ertrag eine Benutzung der Grundstücke als Wiese zweckmässiger Weise ausschliesst). Diesen 6 Momenten wären die Meliorationskosten wiederum in ähnlicher Weise anzuhängen, da diese aber einfacherer Art sind, so wird Klasse 1 durch Abwesenheit derselben, Klasse 5 durch Nothwendigkeit vollständigen Umbaues, 2 nur durch Erforderniss des Beseitigens von Vernachlässigung, 3 durch das eines Umbruchs, 4 durch das einer Wasserregulirung characterisirt. — Die Weiden, auf welche es meist bei dem geringeren Werthe weniger ankommt, werden nach der Zahl und Gattung der von ihnen ernährten Nutzthiere classificirt. In der Regel wird man es mit den sogenannten Schafweiden, an Berghängen, 8 bis 12 Centner Heuertrag pro Hektare repräsentirend, zu thun haben, und wesentliche Ausnahmen werden wohl nur in den Marschweiden in Betracht kommen, die dann allerdings ein gradweises Abgrenzen, ähnlich den Wiesen, nach dem bis 160 Centner pro Hektare steigenden Heuertrage, nach dem Vorhandensein oder Fehlen guten Wassers, guter Grasnarbe, sicherer Einfriedigungen, nach der Qualität des Grases (ob für jede Viehgattung geeignet oder nicht, hart oder nicht) und nach der Lage (Schutz gegen Wind, Sonne), nach der etwanigen Nothwendigkeit von Düngung und Melioration nothwendig machen. Gärten werden am einfachsten als Aecker bester

Art geschätzt unter Zulage von 25 bis 100 (nach anderen 25 bis 50) Procenten des Werthes, je nachdem besondere, mehr oder weniger rentable, Industrien (Handelsgärtnereien) mit ihnen verbunden sind. Eine grosse, noch nicht genügend gelöste Schwierigkeit bieten die Luxusgärten, Parks u. dergl. Für Obstpflanzungen ist einfach der Bestand von dem Grund und Boden getrennt zu taxiren; Lage und Culturaufwand sind ausserdem für die Weingärten besonders wichtig und in Rechnung zu bringen; für Hopfenpflanzungen findet das Nämliche Anwendung, und ist auch hier der Boden auf seine Brauchbarkeit für die gewünschte Cultur im Besonderen zu beurtheilen. Oedungen und Unland heissen alle die Strecken, welche in keiner der angegebenen Arten regelmässig zu benutzen, überhaupt vegetationsarm sind. Wenn dasselbe auch vielfach untergeordnete oder minder regelmässige Benutzung (z. B. für Bienencultur, Buschanpflanzungen) zulässt, repräsentirt es doch keinen eigentlichen Geldwerth. Eine besondere Art des Unlands sind Wege, Wasserdurchlässe, Dämme, die gleich den ihnen zugehörenden Kunstbauten (Brücken u. s. w.) nach dem Bauwerthe, mit Rücksicht auf Amortisation, zu beurtheilen sind. In dieselbe Kategorie gehören die Einfriedigungen, Hofanlagen (wobei der Raum, da er doch benutzt wird, im Ganzen hoch in Rechnung zu bringen). Fliessende Gewässer sind je nach den obwaltenden Verhältnissen als Mittel der Berieselung, als mechanisch bewegende Kraft, als Communicationsstrassen zu schätzen, wobei die Schutzanlagen als den Werth vermindernd in Ansatz zu bringen sind. Die Fischerei ist in denselben bei den zur Zeit obwaltenden Verhältnissen meist von geringem Werthe, wenn auch durch die Fischereivereine Besserung zu hoffen; dagegen kommen die stehenden Wässer, namentlich die eigentlichen Fischteiche, wohl in Betracht, und rechnet man gute Teiche — bei denen indessen ausser dem Ertrage an Fischen noch Schilf, Rohr, Segge, Gräserei der Ufer in Betracht kommen kann — etwa halb so hoch, als gute Felder, geringe nur halb so hoch, als gute u. s. w. Uebelstände, wie die Möglichkeit des Vertrocknens, die Nothwendigkeit besonderer Schutzanlagen, sowie anderseits Vortheile, wie eine gute Eintheilung der Teiche, die Möglichkeit guten Absatzes der Fische, das Recht und die Gelegenheit, die Wasserkraft zu benutzen, endlich aber auch die Möglichkeit, nach geschehener Trockenlegung die Fläche ohne sonstige Nachtheile besser zu verwerthen, sind ausserdem sämmtlich in Rechnung zu bringen. Gehölz und Wald sind theils mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer Umwandlung in Ackerland, theils und vorzüglich aber forstwirthschaftlich zu taxiren. Namentlich gehört die Abschätzung des Bestandes, der Schwierigkeit oder Leichtigkeit der Bewirthschaftung und Abfuhr, der Anbaubeschränkung u. s. w. ganz und gar in das specielle Forstfach. Was den Boden

anlangt, der hierbei eine grosse Rolle spielt, so ist abgesehen von der Lage und dem hier grade sehr wichtigen, übrigens in gewissen Fällen theilweise vom Walde selbst regulirten Feuchtigkeitsgrade namentlich dessen Reichthum an Mineralstoffen der Pflanzen von Belang. In dieser Hinsicht sind die angestammten Bodenarten, besonders der gemengten Gesteinsarten gut, dagegen schon Kalk-, mehr noch Sand-, Humusboden einseitiger und namentlich bei übermässigem Vorherrschen der betreffenden Stoffe die letzteren zwei Kategorien ungünstig zu nennen. Die Schätzung des Kapitalwerthes wird indessen meistens wohl durch Bestand und Ertrag bestimmt sein und die eigentliche Bodenschätzung kaum direkt in Betracht kommen.

Desto grösser ist, wie auf dem ganzen Gebiete der Taxationslehre, auch hier der indirecte Einfluss der geologischen Verhältnisse, ohne deren Erkenntniss ein wirklicher Einblick in die Natur der hierher schlagenden Aufgaben im Grunde gar nicht möglich ist. Es war daher hier wieder, wie durchgehends, das Bestreben vorstehender Blätter, die Nothwendigkeit einer geologischen Grundlage für die einzelnen Zweige unserer industriellen Thätigkeit darzuthun und den Blick der Praktiker auf ein von ihnen meist hoch geachtetes, aber oft doch viel zu wenig und mitunter auch kaum mit vollem Verständnisse berücksichtigtes Gebiet zu lenken.

Register.

Halle, Gebauer-Schwetschke'sche Buchdruckerei.

Halle,
Gebauer-Schwetschke'sche Buchdruckerei.

429

Storage

